

## **Додаткова інформація до розділу 1, тема 1.2 «Хімічний склад клітини»**

**Наслідки недостатнього або надлишкового надходження в організм людини I, F, Fe, Ca, K та способи усунення їх нестачі**

### **ЙОД**

#### ***Адекватне надходження в організм людини***

Здійснюється в необхідній кількості, нормально відбувається регуляція процесів білкового, ліпідного, вуглеводного, водного та мінерального обмінів.

#### ***Дефіцит***

За нестачі Йоду відбувається порушення функції щитоподібної залози, виникають розлади обміну речовин, порушення роботи фізіологічних систем, особливо нервової. Нестача Йоду в дорослому віці призводить до захворювання, яке зветься мікседема, а в дитячому віці – до кретинізму. У районах зі зниженим вмістом йоду у воді, ґрунті та харчових продуктах люди хворіють на ендемічний зоб.

#### ***Надлишок***

Надлишок Йоду викликає йодіндукований гіпертиреоз, ослаблення синтезу сполук йоду.

### **ФЛУОР**

#### ***Адекватне надходження в організм людини***

Майже 99% усього Флуору в організмі знаходиться у твердих тканинах, наприклад у зубній емалі і кістках.

#### ***Дефіцит***

За нестачі надходження Флуору в організм людини розвивається карієс зубів, відбувається нерівномірний ріст кісток і зниження імунітету.

#### ***Надлишок***

За надлишку Флуору розвивається захворювання, яке називається *флюороз зубів*: на зубах з'являються плями білого, жовтого або коричневого кольору. Зуби стають більш крихкими і більш ламкими, вони дуже стираються.

## **КАЛЬЦІЙ**

### ***Адекватне надходження в організм людини***

Нормально формується скелет, відбувається згортання крові, передача нервових імпульсів, скорочення м'язів.

### ***Дефіцит***

Нестача Кальцію призводить до важких нервових розладів, які супроводжуються судомами, розм'якшенням кісток (рахіт), остеопорозом, захворюваннями паращитовидних залоз та наднирників.

### ***Надлишок***

Надлишок спричиняє сечокам'яну хворобу, гіперкальціємію, що супроводжується нудотою, втратою апетиту, судомами та частим сечовиділенням.

## **КАЛІЙ**

### ***Адекватне надходження в організм людини***

Нормально відбувається скорочення м'язів, регуляція роботи серця, перенос поживних речовин і водно-електролітного балансу в клітинах, секреція шлункового соку.

### ***Дефіцит***

Нестача викликає порушення серцево-судинної діяльності (аритмія), м'язову слабкість, високу втомлюваність і безсоння.

### ***Надлишок***

Надлишок спричиняє порушення роботи серцево-судинної і нервової системи, м'язову слабкість.

## **ФЕРУМ**

### ***Адекватне надходження в організм людини***

Нормально формуються транспортні білки – міоглобін і гемоглобін, ефективно відбувається транспорт газів, кровотворення, тканинне дихання, нормально працює імунна система.

### ***Дефіцит***

Нестача Феруму призводить до анемії – захворювання, яке характеризується зменшенням вмісту гемоглобіну й еритроцитів в одиниці об'єму крові, виникненням кисневого голодування тканин, зниження імунітету.

### ***Надлишок***

Надлишок Феруму відкладається в печінці, підшлунковій залозі і серцевому м'язі, спричиняє ослаблення імунної системи, знижує засвоєння Zn, викликає аритмію.

## **Вода, її основні властивості та роль в організмі**

Молекула води містить один атом Оксигену та два атоми Гідрогену. Оскільки Оксиген активно притягує до себе електрони, що належать атомам Гідрогену, то заряд усередині молекули розподіляється нерівномірно: на ділянці атомів Гідрогену формується невеликий позитивний, а там, де розташований атом Оксигену, невеликий негативний заряд. Завдяки цьому кожна молекула води є диполем і може взаємодіяти з іншими молекулами води, утворюючи водневі зв'язки. Саме тому у воді дуже високі температура кипіння, плавлення і пароутворення, оскільки необхідно витратити додаткову енергію на розрив цих водневих зв'язків. Оскільки молекула води є диполем, вона може орієнтуватися в електричному полі, приєднуватися до різних молекул і ділянок молекул, що несуть заряд. У результаті цього утворюються гідрати.

Вода *є універсальним розчинником* для багатьох речовин. Якщо сполуки розчиняються у воді, то вони звуться гідрофільними, а якщо ні – гідрофобними. Гідрофобні молекули або їхні частини відштовхуються

водою, а за її присутності притягуються одна до одної. Такі взаємозв'язки відіграють важливу роль у забезпеченні стабільності мембран, а також багатьох білкових молекул і нуклеїнових кислот.

Завдяки своїй високій теплоємності вода поглинає тепло і таким чином запобігає різким коливанням температури у клітині, тобто **має терморегуляторну функцію**.

Вода бере **участь у транспорті різних речовин**. Цю роль вона виконує у крові, лімфатичній системі, травному тракті тварин та у флоємі і ксилемі в рослин.

Біологічне значення води визначається також тим, що вона сама **може виступати як реагент**, тобто брати участь у хімічних реакціях, наприклад у фотолізі води при фотосинтезі.

Вода практично не стискається, що є дуже важливим для надання форми соковитим органам і тканинам. У рослин **вода визначає тургор клітин** і таким чином **бере участь в осморегуляції**, а в деяких тварин **виконує опорні функції**, будучи гідростатичним скелетом, наприклад у круглих та кільчастих черв'яків та голкошкірих.

Вода – **складова змащувальних рідин** (синовіальної – у суглобах хребетних, плевральної – у плевральній порожнині, перикардіальної – у навколосерцевій сумці) та слизів, що полегшують пересування речовин кишечником, створюють вологе середовище на слизових оболонках дихальних шляхів. Вона входить до складу слини і жовчі.

Вода **бере участь у формуванні просторової структури макромолекул**, тобто визначає їх конформацію.

Для води характерним є дуже високий поверхневий натяг. Ця властивість має важливе значення для адсорбційних процесів, для пересування розчинів тканинами (кровообіг, висхідний та спадний токи в рослинах). Багатьом дрібним організмам поверхневий натяг дозволяє утримуватися на воді або ковзати її поверхнею.

Вода слугує для багатьох клітин і організмів *середовищем життя*, для якого характерним є доволі значна сталість умов.

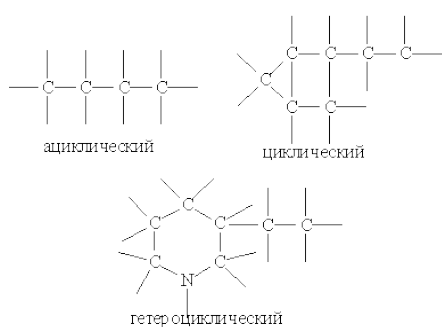
Вода – єдина речовина на Землі, що має в рідкому стані більшу густину, ніж у твердому. Це важливо для живих організмів, тому що лід утворюється спочатку на поверхні води і лише потім у придонних шарах. Якби замерзання водоймищ відбувалося б у зворотному порядку, знизу вгору, то на ділянках із помірним або холодним кліматом у прісноводних водоймищах взагалі не могло б існувати життя.

Таким чином, вода відіграє важливу роль в існуванні живих систем різного рівня.

### **Органічні речовини, їхня різноманітність та значення в існуванні живих істот. Історія вивчення**

**Органічними** називають сполуки, в основі яких лежить скелет із атомів Карбону. Такі сполуки утворюються завдяки здатності атомів Карбону формувати між собою одинарні та подвійні ковалентні зв'язки.

Скелет органічних сполук може бути лінійним, розгалуженим, циклічним та комбінованим, тобто містити всі три попередні варіанти.



Завдяки неймовірній різноманітності можливих варіантів карбонового скелета (різна кількість атомів, різне їх розташування) органічні сполуки теж є дуже різноманітними. Але різноманітність органічних сполук забезпечується також і різними функціональними групами, що входять до їх складу. Саме функціональні групи надають органічним сполукам характерні

для них особливості, визначаючи їхній «характер». До таких функціональних груп відносять, наприклад, гідроксильну, карбонільну, карбоксильну групи, аміногрупу та багато інших функціональних груп.

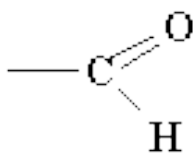
Історія вивчення органічних сполук пов'язана з розвитком таких наук, як біохімія та молекулярна біологія. Ще у 20-ті роки XX століття були закладені основи кількісного органічного мікроаналізу. З цього часу вдосконалюються та створюються нові фізичні методи аналізу: хроматографія, рентгеноструктурний аналіз, мас-спектроскопія, електронний парамагнітний резонанс та інші методи, що дозволяють швидко й точно визначати структуру органічних речовин. Так, наприклад, за допомогою рентгеноструктурного аналізу Д. Кендрю та М. Перуц встановили у 1957–1960 роках просторову будову міоглобіну та гемоглобіну.

У вивченні функцій органічних речовин особливу роль відіграє молекулярна біологія, що виникла як розділ біохімії. Датою народження молекулярної біології прийнято вважати квітень 1953 року, коли в англійському журналі Nature з'явилася стаття Джеймса Д. Уотсона та Ф. Крика, у якій було запропоновано просторову модель молекули ДНК. Основою для побудови цієї моделі стали роботи із рентгеноструктурного аналізу, у яких брали участь також Морис Вілкінсон та Розалінда Франклін.

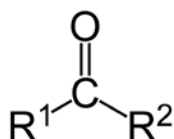
**Вуглеводи** – це органічні речовини, до складу яких входять Карбон, Оксиген та Гідроген. Їхня назва походить від слів «вугілля» та «вода». Причиною цього є те, що перші з відомих науці вуглеводів описувалися формулою  $(\text{CH}_2\text{O})_n$ . Вуглеводи називають також **цукрами**. Ця назва походить від давньоіндійського слова «саркара» (буквально: «гравій, галька, пісок, цукровий пісок»). Так в Індії називали солодкі кристали, які отримували із соку тростини.

З точки зору хіміка вуглеводи – це органічні речовини, що містять нерозгалужений ланцюг із декількох атомів Карбону, карбонільну групу та декілька (тобто більше однієї) гідроксильних груп.

Якщо карбонільна група пов'язана з двома вуглеводневими радикалами, то її називають кетонною, а якщо замість одного з радикалів стоїть водень – альдегідною.



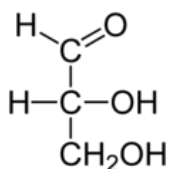
*Альдегідна група*



*Кетонна група*

Вуглеводи, що містять альдегідну групу, називаються **альдозами**, а вуглеводи, що містять кетонну групу, – **кетозами**.

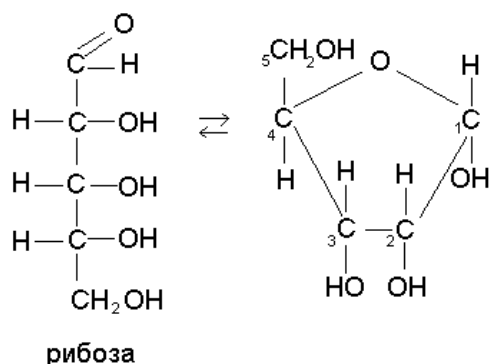
Приклад альдози – гліцеральдегід, у якого є альдегідна група та дві гідроксильні групи.



*Гліцеральдегід*

Це найменші вуглеводи, у ланцюгу яких міститься лише три атоми Карбону. Є у вуглеводів і більш довгі ланцюги, наприклад, рибоза містить п'ять атомів Карбону, а глюкоза – шість. Залежно від кількості атомів Карбону, що входять до молекули вуглеводу, розрізняють **тріози**, що містять три атоми Карбону, **тетрози** – чотири атоми, **пентози** – п'ять, **гексози** – шість атомів і так далі відповідно до грецьких числівників. Глюкоза за кількістю атомів Карбону є гексозою, а рибоза – пентозою, але обидві молекули є альдозами, бо містять альдегідну групу.

Усі названі вуглеводи називають моносахаридами, тому що вони складаються з однієї структурної одиниці (від грецьк. *monos* – один).



Якщо в молекулі моносахариду атомів Карбону більше трьох, така молекула може утворювати циклічну форму, оскільки її частини реагують одна з одною. У живих організмах моносахариди частіше зустрічаються саме в циклічній формі.

Моносахариди називають також простими цукрами, адже вони складаються з однієї молекули. **Прості цукри** являють собою тверді безбарвні кристалічні речовини, добре розчинні у воді. Майже всі вони мають приємний солодкий смак. Наприклад, солодкий смак фруктів, ягід, меду залежить від вмісту в них глюкози та фруктози. До моносахаридів належать також галактоза, рибоза, дезоксирибоза. Моносахариди можуть виконувати енергетичну та структурну функції.

**Глюкоза** – первинне джерело енергії для клітин. Вона входить до структури майже всіх клітин, тканин та органів. **Фруктоза** у великій кількості у вільному вигляді зустрічається у плодах, тому її часто називають плодовим цукром. Особливо багато фруктози в меді, цукровому буряку, фруктах. **Галактоза** відрізняється від глюкози тільки розташуванням гідроксильної групи та Гідрогену у 4-го вуглецевого атома. Вона може перетворюватися на глюкозу в печінці та інших органах. **Рибоза та дезоксирибоза** входять до складу нуклеїнових кислот – великих молекул, що беруть участь у процесах передачі, реалізації та зберігання спадкової інформації у клітині.



Молекули моносахаридів можуть з'єднуватися одна з одною, при цьому виділяючи воду. У результаті утворюються олігосахариди (від грецьк. *oligos* – нечисленний), до яких відносять дисахариди, трисахариди, тетрасахариди та полісахариди (від грецьк. *polys* – численний). Органічні сполуки, що складаються з великої кількості структурних одиниць, називають **полімерами**.

Із олігосахаридів особливо цікавими є дисахариди. До них належать сахароза, лактоза та мальтоза. Із полісахаридів особливо цікавими є крохмаль, глікоген, целюлоза, хітин. Це високомолекулярні вуглеводи, що складаються з великої кількості моносахаридів. Вони мають дуже велику молекулярну масу.

Будова вуглеводів дозволяє їм виконувати багато біологічних функцій.

### **Структура і функції ліпідів**

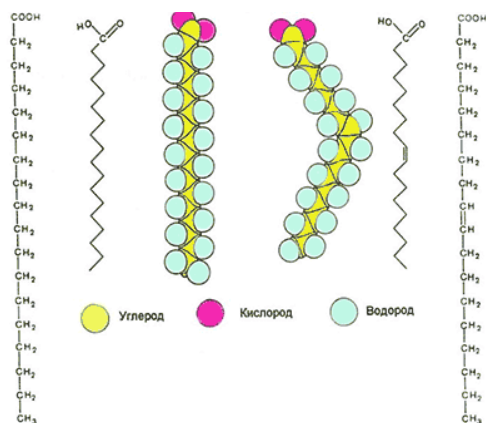
Термін ліпіди (від грецьк. *lipos* – жир) хіміки використовують для позначення жирів та жироподібних речовин. Головним критерієм, за яким ці речовини об'єднали в одну групу, є те, що вони нерозчинні у воді, але добре розчиняються в неполярних органічних розчинниках: ефірі, ацетоні, хлороформі тощо. Ця властивість споріднює всі групи ліпідів, але за своєю структурою вони суттєво відрізняються.

У живих організмах зустрічаються різні групи ліпідів, зокрема фосфоліпіди, жири, стероїди, воски. Усі вони виконують важливі біологічні функції.

Із ліпідів найбільш поширеними та відомими є жири. Уміст жиру в клітині зазвичай не є великим: 5–10 % від сухої речовини. Однак існують клітини, у яких близько 90 % жиру. У тварин такі клітини знаходяться під шкірою, у грудних залозах, сальнику. Жир міститься в молоці всіх ссавців. У деяких рослин велика кількість жиру зосереджена в насінні і плодах, наприклад у соняшника, коноплі, волоського горіха.

За хімічною структурою жири являють собою складні сполуки триатомного спирту гліцерину та високомолекулярних жирних кислот.

Жирні кислоти – це органічні сполуки, до складу яких входить карбоксильна група та довгий вуглеводневий хвіст. Часто зустрічаються пальмітинова, стеаринова, олеїнова жирні кислоти.



Усі жирні кислоти поділяються на дві групи: насичені, тобто такі, що не містять подвійних зв'язків, та ненасичені, що містять подвійні зв'язки. До насичених кислот належать пальмітинова та стеаринова кислоти, а до ненасичених – олеїнова.

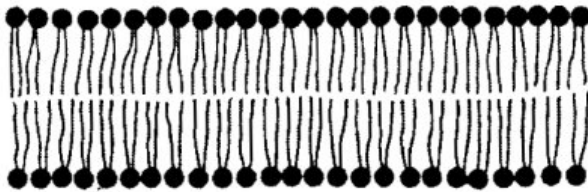
Властивості жирів визначаються якісним складом жирних кислот та їхнім кількісним співвідношенням. Так, рослинні жири або масла багаті на неграничні жирні кислоти, тому в переважній більшості випадків вони є легкоплавкими – рідкими за кімнатної температури. А тваринні жири за кімнатної температури залишаються твердими, бо містять головним чином насичені жирні кислоти.

Калорійність жирів є вищою за калорійність вуглеводів, тому вони відкладаються в організмі тварин як запасна поживна речовина. Жири також слугують для теплоізоляції та забезпечують плавучість. Одним із продуктів окиснення жирів є вода. Деякі пустельні тварини запасують жир в організмі саме з цією метою.

Особливо важливими жироподібними речовинами є **фосфоліпіди**. Це складні сполуки гліцерину та жирних кислот, але від справжніх жирів вони відрізняються тим, що містять залишок фосфатної кислоти. Фосфоліпіди

завдяки своїй будові мають здатність утворювати біліпідний шар, що є основою біологічних мембран.

У молекулі фосфоліпідів виділяється «голівка» та два «хвости». Голівка та хвости мають різні властивості. «Голівка» є гідрофільною, а «хвости» – гідрофобними. Тому фосфоліпіди називають амфіфільними речовинами. Якщо такі молекули знаходяться у воді, то їхні «голівки» спрямовані до води, а «хвости» виштовхуються від води. Тоді молекули фосфоліпідів утворюють бішар, тобто розташовуються у два ряди голівками до води, а хвости розгорнуті один до одного, ховаючись від води. Такий ліпідний бішар є основою всіх клітинних мембран, однак, окрім ліпідів, ці мембрани містять ще мембранні білки.



*Ліпідний бішар – основа клітинних мембран*

Ліпіди дуже широко представлені в живій природі та виконують багато біологічних функцій.

**Білки** – це органічні сполуки, полімери, мономерами в яких є амінокислоти. Амінокислоти – це невеликі за розміром органічні сполуки, у молекулі яких одночасно містяться карбоксильна та аміногрупи. У процесі біосинтезу білка до його складу входять 20 варіантів амінокислот.

$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O}^- \end{array} \\   \\ (\text{CH}_2)_3 \\   \\ \text{NH} \\   \\ \text{C}=\text{NH}_2 \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$ <b>Аргінін</b> (Arg / R)	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O}^- \end{array} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{C}=\text{O} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$ <b>Глутамін</b> (Gln / Q)	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O}^- \end{array} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$ <b>Фенілаланін</b> (Phe / F)	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O}^- \end{array} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\   \\ \text{OH} \end{array}$ <b>Тирозін</b> (Tyr / Y)	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O}^- \end{array} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{C}_8\text{H}_6\text{N}_2 \end{array}$ <b>Триптофан</b> (Trp, W)
$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O}^- \end{array} \\   \\ (\text{CH}_2)_4 \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$ <b>Лізін</b> (Lys / K)	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O}^- \end{array} \\   \\ \text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$ <b>Гліцин</b> (Gly / G)	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O}^- \end{array} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$ <b>Аланін</b> (Ala / A)	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O}^- \end{array} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{C}_4\text{H}_3\text{N}_3 \end{array}$ <b>Гістидін</b> (His / H)	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O}^- \end{array} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{OH} \end{array}$ <b>Серін</b> (Ser / S)
$\begin{array}{c} \text{H}_2 \\   \\ \text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{CH}_2 \\   \quad   \\ \text{H}_2\text{N}^+ - \text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O}^- \end{array} \end{array}$ <b>Пролін</b> (Pro / P)	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O}^- \end{array} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{COOH} \end{array}$ <b>Глутамінова кислота</b> (Glu / E)	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O}^- \end{array} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{COOH} \end{array}$ <b>Аспарагінова кислота</b> (Asp / D)	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O}^- \end{array} \\   \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$ <b>Треонін</b> (Thr / T)	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O}^- \end{array} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{SH} \end{array}$ <b>Цистеїн</b> (Cys / C)
$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O}^- \end{array} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{S} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$ <b>Метіонін</b> (Met / M)	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O}^- \end{array} \\   \\ \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH} \\ / \quad \backslash \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$ <b>Лейцин</b> (Leu / L)	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O}^- \end{array} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{C}=\text{O} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$ <b>Аспарагін</b> (Asn / N)	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O}^- \end{array} \\   \\ \text{HC} - \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$ <b>Ізолейцин</b> (Ile / I)	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O}^- \end{array} \\   \\ \text{CH} \\ / \quad \backslash \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$ <b>Валін</b> (Val / V)

Серед амінокислот є такі, які організм людини та тварин синтезувати не може, вони називаються незамінними й обов'язково мають надходити до організму з їжею. Незамінними для людини та тварин є такі амінокислоти: валін, ізолейцин, лейцин, лізин, метіонін, треонін, триптофан та фенілаланін, а в дитинстві незамінними також є амінокислоти аргінін та гістидин.

Білки різняться кількістю амінокислот та порядком чергування їх у поліпептидному ланцюгу. Первинною структурою білка називають кількість і послідовність амінокислот у поліпептидному ланцюгу. Вторинна структура білка – це спосіб упакування первинної структури в альфа-спіраль або бета-шар. Альфа-спіраль утворюється в результаті формування водневих зв'язків між –CO та –NH групами, розташованими на різних витках спіралі. Бета-шар утворюється у результаті формування водневих зв'язків між –CO групами одного поліпептидного ланцюга та –NH групами іншого поліпептидного

ланцюга. У результаті багато поліпептидних ланцюгів можуть розташовуватися поруч, формуючи бета-шар.

Наступний рівень упакування білкової молекули – третинний, характерний для білків, у яких вторинна структура представлена альфа-спіраллю. У білків, що мають бета-шар, третинна структура не виражена. Третинна структура білка – це спосіб упакування альфа-спіралі у просторову глобулу. Третинна структура білка стабілізується завдяки ковалентним дисульфідним —S—S— зв'язкам, що виникають між атомами Сульфуру в амінокислоті цистеїні, додатковим водневим зв'язкам і гідрофільно-гідрофобним взаємодіям.

Спосіб спільного об'єднання декількох поліпептидних ланцюгів називають четвертинною структурою білка. Наприклад, складна молекула гемоглобіну – білка, що знаходиться в еритроцитах, – складається з чотирьох макромолекул глобінів, кожна з яких з'єднана із залізовмісним гемом. У результаті їхнього об'єднання й утворюється молекула гемоглобіну, здатна здійснювати транспорт газів.

Починаючи зі вторинної структури, просторова конформація макромолекул білка підтримується в основному слабкими хімічними зв'язками. Під впливом зовнішніх чинників, наприклад зміни температури, хімічного складу середовища, рН середовища, слабкі зв'язки, що стабілізують макромолекулу, рвуться, і структура білка та його властивості змінюються. Цей процес називається денатурацією.

**Денатурація** – це порушення природної (нативної) структури білка. Якщо порушуються всі структури білка, у тому числі первинна, така денатурація називається необоротною. Але зустрічаються і процеси оборотної денатурації. За умови збереження первинної структури білка після усунення денатуруючого чинника багато білків здатні повернути свою природну форму. Такий процес називається ренатурацією.

Структура білків дозволяє їм виконувати різні біологічні функції.

**Ферменти** – це білкові молекули, що є біологічними каталізаторами. Вони присутні в усіх живих клітинах та сприяють перетворенню одних речовин (субстратів) на інші (продукти). Ферменти виступають у ролі каталізаторів практично в усіх біохімічних реакціях, що відбуваються в живих організмах. Ферменти називають також ензимами (лат. *fermentum*, грецьк. ζύμη, ἔνζυμον – дріжджі, закваска). Терміни «ферменти» та «ензими» науковці використовують як синоніми, але наука про ферменти називається ензимологією, а не ферментологією.

Кожний фермент забезпечує одну або кілька реакцій одного типу. Наприклад, жири у травному тракті, а також всередині клітини розщеплюється спеціальним ферментом – ліпазою, яка не діє на полісахариди та білки. Фермент амілаза, що розщеплює крохмаль або глікоген, не діє на жири. Кожна молекула ферменту може здійснювати від кількох тисяч до кількох мільйонів операцій за хвилину. Під час цих операцій фермент не витрачається і не змінюється.

За хімічним складом розрізняють прості ферменти, що складаються тільки з амінокислот, та складні ферменти, що мають небілкову частину. Такою небілковою частиною можуть бути, наприклад, вітаміни, іони Цинку, Магнію, Феруму.

У процесі реакції, що каталізується, у контакт із субстратом вступає не вся молекула ферменту, а певна її ділянка, яка називається активним центром. Окремі ділянки амінокислот зближуються між собою, утворюючи певну конфігурацію активного центру. Можна уявити, що активний центр ферменту збігається зі структурою субстрату, як замок та ключ. Завдяки активному центру фермент може формувати із субстратом фермент-субстратний комплекс, який існує недовго і знижує енергію активації реакції. Саме це і сприяє тому, що реакція відбувається набагато швидше.

Основною функцією ферменту є прискорення швидкості реакцій у десятки тисяч разів. Без ферментів процеси життєдіяльності неможливі.

Існує дві гіпотези, які пояснюють, як діють ферменти. Одна з них називається гіпотезою «ключа та замка», а інша – гіпотезою «руки та рукавички». Відповідно до першої, субстрат є «ключем», який точно підходить до «замка» – ферменту. Найважливішою частиною «замка» є активний центр. Саме з ним і зв'язується субстрат, оскільки форма субстрату відповідає формі активного центру. Утворюється фермент-субстратний комплекс. Це активований стан, результатом якого є утворення продуктів реакції. Продукти, що утворилися, за формою вже не відповідають активному центру. Вони відділяються від нього (потрапляють у навколишнє середовище), після чого активний центр, що звільнився, може приймати нові молекули субстрату.

Відповідно до гіпотези «руки та рукавички», активний центр не чітко підходить до субстрату. Субстрат спричиняє певні зміни в активному центрі, і «рукавичка» дещо змінюється, будучи одягненою на «руку». Цю гіпотезу називають ще гіпотезою індукованої відповідності.

Ферменти використовуються людиною в харчовій та кондитерській промисловості, для отримання тих чи інших продуктів, у текстильній промисловості для відбілювання та обробки пряжі і бавовняних ниток тощо.

Ферменти можна використовувати, не вилучаючи їх із живих організмів. Цей спосіб, відповідно, є основою будь-якого мікробіологічного виробництва. Біохіміки думали і про те, як використовувати чисті препарати ферментів для того, щоб уникнути побічних реакцій, супутніх життєдіяльності мікроорганізмів. Створення виробництв, у яких використовуються ферменти в чистому вигляді як реактиви, є дуже вигідними. Але виникає принципове ускладнення: багато ферментів після їх вилучення з клітини дуже швидко стають неактивними і руйнуються.

Учені-біологи знайшли розв'язання проблеми. Аби зробити ферменти стійкими, придатними для багаторазового тривалого промислового використання, їх за допомогою міцних хімічних зв'язків приєднують до

нерозчинних або розчинних носіїв. У результаті ферменти стають стійкими і можуть бути використані багаторазово.

Створення таких ферментів – заслуга інженерної ензимології, одного з нових напрямків біотехнології. Сьогодні за допомогою методів інженерної ензимології у промисловості отримують, наприклад, глюкозо-фруктозні сиропи, напівсинтетичні пеніциліни, дієтичне безлактозне молоко.

### **Деякі властивості білків**

До властивостей білків відносять амфотерність, розчинність, здатність до денатурації і колоїдні властивості.

**Амфотерність** – це здатність деяких хімічних речовин і їх з'єднань проявляти залежно від умов як кислотні, так і основні властивості. Прикладами амфотерних сполук можуть бути амінокислоти, гідроксиди алюмінію, цинку, хрому тощо. При дисоціації амфотерні сполуки дають іони  $H^+$  і  $OH^-$ . Оскільки білки містять і кислі, і основні амінокислоти, то в їх складі завжди є вільні кислі  $COO^-$  і основні  $NH_3^+$  групи. Заряд білка залежить від співвідношення кількості кислих і основних амінокислот. Тому білки заряджаються позитивно при зменшенні рН і негативно при його збільшенні.

Амфотерність визначає буферні властивості білків, наприклад їх здатність підтримувати сталість рН крові завдяки тому, що вони приєднують іони  $H^+$  у кислому середовищі або віддають їх у лужному середовищі.

**Розчинність.** Так як більшість білків несе багато заряджених груп, то в цілому вони водорозчинні. Розчинність пояснюється наявністю заряду і відштовхуванням заряджених молекул білка та наявністю в них гідратної оболонки. Оскільки розчинність білків залежить від заряду і наявності гідратної оболонки, то за відсутності одного або обох цих факторів відбувається осадження білка – **денатурації**. При денатурації відбувається розрив зв'язків, що стабілізують четвертинну, третинну, вторинну структури



білка, що призводить до зниження або повної втрати біологічної функції білка.

Білки утворюють **колоїдні розчини**, які мають певні властивості. Особливо важливими є низька швидкість дифузії і нездатність білкових частинок проникати через напівпроникні мембрани, бо ж пори в них менші за діаметр білків. Цікаво, що саме це використовується в діалізі – очищенні білкових препаратів від сторонніх домішок. Діаліз лежить в основі роботи «штучної нирки», яку використовують при захворюваннях нирок.

**Вітаміни** (від лат. *vita* – життя) – це низькомолекулярні органічні сполуки різної хімічної природи, що виконують важливі біохімічні та фізіологічні функції. Вітаміни потрібні організмові в дуже невеликих кількостях, бо вони мають високу біологічну активність. Людина та тварини не синтезують вітаміни або синтезують їх у недостатній кількості, і тому повинні отримувати їх із їжею. Основне джерело вітамінів – рослини, у яких можуть міститися і так звані провітаміни, що перетворюються на вітаміни у тваринному організмі.

Розрізняють водо- та жиророзчинні вітаміни. До водорозчинних вітамінів належать аскорбінова кислота (вітамін С), вітаміни групи В – тіамін (вітамін В1), рибофлавін (вітамін В2), вітамін В6, вітамін В12 (кобаломін), ніацин (вітамін РР), фолацин, пантотенова кислота, біотин. До жиророзчинних – вітаміни А, D (кальцифероли), Е (токофероли) та К.

У складі ферментів вітаміни беруть участь в енергетичному обміні (тіамін, рибофлавін), біосинтезі та перетвореннях амінокислот (вітаміни В6 і В12), жирних кислот (пантотенова кислота) та інших процесах.

Функції жиророзчинних вітамінів пов'язані з процесами фоторецепції (вітамін А), згортання крові (вітамін К), усмоктування Са (вітамін D) тощо.

**Як кури допомогли відкрити вітаміни**

Хворобу бері-бері, яка найбільше була поширеною у Східній Азії, на островах Тихого океану та в Південній Америці, пов'язували з особливостями харчування, тому що люди, які хворіли на цю хворобу, харчувалися в основному рисом. Хвороба бері-бері проявляється через параліч та втрату чутливості нижніх кінцівок, поступове порушення діяльності серця та легенів, у результаті чого настає смерть. Назва цієї хвороби – бері-бері – у перекладі з індійської мови означає «ноги в кайданах».

Сто років тому в голландських Ост-Індських володіннях спостерігалось незрозуміле явище. Солдати, матроси, ув'язнені, робітники копалень, робітники на плантаціях та люди, які потрапляли до лікарень через незначні захворювання, помирали в цих лікарнях тисячами від бері-бері. У 1886 році голландський уряд доручив молодому лікареві Христіану Ейкману з'ясувати, чому виникає ця хвороба. Три роки минули без результатів, але випадково увагу Ейкмана привернула хвороба, що з'явилася в курей, які знаходилися в розпорядженні лабораторії. Ця хвороба виражалася через появу параліча та сильно нагадувала бері-бері. Однак лікареві скоро довелося припинити вивчення курячої хвороби, оскільки кури стали невідомо чому одужувати, а нових випадків захворювання не спостерігалось. У ході розслідування було з'ясовано, що декілька місяців курей годували полірованим (тобто очищеним від плівки) рисом, який постачали воєнному шпиталю. Незабаром відповідальні за кухню особи звільнилися, і новий кухар відмовився «відпускати військовий рис штатським курям». Як тільки курей припинили годувати шліфованим рисом, вони одужали. Дослідження підтвердили, що кури, які харчувалися полірованим рисом, гинули через два-три тижні; ті, що харчувалися неочищеним рисом, лишалися здоровими.

Ейкману вдалося добути екстракт із рисових висівок, що мав захисні властивості від бері-бері. У 1907 році він дійшов висновку, що рисова плівка містить речовину, необхідну для підтримування життя організму. Пізніше

з'ясувалося, що це вітамін В1, за відсутності якого і розвивається хвороба бері-бері.

**Гормони** (від грецьк. *hormao* – рухаю, збуджую) – це біологічно активні сполуки, що виділяються залозами внутрішньої секреції безпосередньо у кров та лімфу. За своєю хімічною будовою гормони можуть бути похідними холестерину, наприклад, гормони кори надниркових залоз – кортикостероїди (гідрокортизон, кортикостерон, альдостерон) і гормони статевих залоз (тестостерон, естрадіол, прогестерон). А можуть бути білками, наприклад, гормони, що секретуються гіпофізом (окситоцин, вазопресин, адренокортикотропний гормон та інші). Існують гормони – похідні амінокислоти тирозину. До них належать тироксин, трийодтиронин, що секретуються щитовидною залозою, та адреналін, норадреналін, що секретуються мозковою речовиною надниркових залоз.

Дія гормонів проявляється в дуже малих концентраціях. Вони чинять регулювальний вплив на всі реакції обміну речовин, відіграють важливу роль у підтримуванні гомеостазу, процесах адаптації організму до змінних умов середовища. Гормони регулюють ріст, розмноження та диференціювання тканин, синтез білків, проникність кліткових мембран. Надходження гормонів у кров регулюється гіпоталамусом.

**Факторами росту** називають групу білкових молекул, які впливають на синтез ДНК у клітині, диференціювання клітин та їх ділення. Ефекти факторів росту, на відміну від гормонів, можуть продовжуватися протягом кількох днів.

Фактори росту зазвичай являють собою невеликі поліпептиди, що стимулюють, або пригнічують, поділ певних типів клітин. Як правило, вони секретуються одними клітинами і діють на інші клітини. Фактори росту діють на свої клітини-мішені, які відрізняються від інших клітин характерними рецепторами. Для підтримування життя нормальних клітин

вищих організмів є абсолютно необхідною їхня взаємодія з унікальною комбінацією специфічних ростових факторів.

### **Нуклеїнові кислоти. Будова нуклеотидів**

Нуклеїнові кислоти – це біополімери, мономерами яких є нуклеотиди. До складу нуклеотиду входять три компоненти: нітратна (нітрогеновмісна) основа та залишки цукру-пентози й фосфатної кислоти.

**ДНК** – це дволанцюговий біополімер, мономерами якого є дезоксирибонуклеотиди. До складу дезоксирибонуклеотидів входять тільки чотири нітратні основи з п'яти можливих – аденін (А), тимін (Т), гуанін (Г) та цитозин (Ц), а також залишки дезоксирибози й фосфатної кислоти.

Найважливішою властивістю ДНК є здатність до реплікації або самоподвоєння, у процесі якого кожен із двох ланцюгів молекули ДНК стає матрицею для синтезу нового комплементарного йому ланцюга. Структура молекули ДНК дозволяє їй самовідтворюватися.

**РНК** – біополімер, мономерами якого є рибонуклеотиди. У РНК чотири типи нуклеотидів: аденін (А), урацил (У), гуанін (Г) і цитозин (Ц). Молекула РНК, на відміну від ДНК, є одноланцюговою. Відмінності в будові ДНК та РНК пов'язані з їхніми різними біологічними функціями. РНК відрізняється від ДНК тим, що в неї немає тиміну (замість нього – урацил). Окрім того, цукор пентоза в РНК представлений рибозою. РНК в основному – одноланцюгові молекули, виняток становлять тільки РНК деяких вірусів.

**АТФ** – це нуклеотид, що, крім азотистої основи аденіну та залишку рибози, містить три залишки фосфатної кислоти. Він виконує функцію універсального переносника енергії в клітині. Зв'язки між залишками фосфатної кислоти в молекулі АТФ є макроергічними. У випадку потреби в енергії макроергічний зв'язок АТФ розщеплюється, утворюються аденозиндифосфатна кислота (АДФ) і фосфорний залишок, при цьому виділяється енергія.

## Словничок до теми «Хімічний склад клітини»

**Активний центр ферменту** – частина молекули ферменту, яка за формою відповідає молекулі субстрату і забезпечує взаємодію з ним.

**Амінокислоти** – органічні сполуки, у молекулі яких одночасно містяться карбоксильна група й аміногрупа.

**Амфідільні сполуки** – це сполуки, одна частина яких є гідрофільною, а інша гідрофобною.

**АТФ** – нуклеотид, який містить аденін, рибозу та три фосфатні групи, є головним переносником енергії у клітині.

**Білки** – органічні сполуки, полімери, мономерами в яких є амінокислоти.

**Біополімери** – органічні сполуки, що побудовані з великої кількості однакових структурних одиниць (мономерів).

**Воски** – це складні ефіри жирних кислот та довголанцюгових спиртів.

**Вуглеводи** – це органічні речовини, що містять нерозгалужений ланцюг із декількох атомів Карбону, карбонільну групу та декілька (тобто більше однієї) гідроксильних груп.

**Ген** – це ділянка молекули ДНК, яка є носієм спадкової інформації, наприклад, кодує послідовність амінокислот одного білка, або є матрицею для синтезу тРНК і рРНК, або виконує інші функції.

**Гідрофільні сполуки** – це сполуки, що мають високу розчинність у воді.

**Гідрофобні сполуки** – це сполуки, нерозчинні у воді.

**Глікоген** – основний запасний полісахарид у тварин і грибів.

**Глобулярні білки** – це білки, поліпептидний ланцюг яких щільно скручений у кулясту або овальну структуру – глобулу; вони розчиняються у водних середовищах, де формують колоїдні розчини.

**Глюкоза** – вуглевод, моносахарид, гексоза, первинне джерело енергії для клітин, входить до структури майже всіх клітин, тканин та органів.

**Дезоксирибоза** – вуглевод, моносахарид, пентоза, входить до складу нуклеотидів у молекулах ДНК.

**Денатурація** – процес втрати природної (нативної) конформації білкової молекули під дією дестабілізуючих факторів.

**Деструкція** (необоротна денатурація) – порушення первинної структури білка.

**Ендемічні захворювання** – це захворювання, характерні для певної місцевості, які виникають через різку нестачу або надлишковий уміст будь-якого хімічного елемента в навколишньому середовищі.

**Жири** – складні сполуки триатомного спирту гліцерину та жирних кислот.

**Конформація** – різні просторові форми молекули.

**Коферменти** – небілкові молекули, які зв'язуються з ферментом і є важливими для його каталітичної активності.

**Крохмаль** – основний запасний полісахарид у рослин.

**Лактоза** – молочний цукор, дисахарид, має у своєму складі глюкозу та галактозу.

**Ліпіди** – органічні сполуки, які є нерозчинними у воді, але розчиняються в неполярних органічних розчинниках: ефірі, бензолі, хлороформі, ацетоні тощо.

**Ліпідоміка** – розділ науки, що вивчає нерозчинні у воді метаболіти (ліпіди) і їх роль у структурі організму, його розвитку, у нормі та патології.

**Макроелементи** – елементи, уміст яких у живому організмі складає 0,001–10 % від його маси.

**Макроергічний зв'язок** – багатий на енергію хімічний зв'язок, що є в деяких сполуках. Наприклад, у молекулі АТФ – два макроергічних зв'язки, а в молекулі АДФ – один.

**Мікроелементи** – елементи, уміст яких у живому організмі складає від 0,001 до 0,000001 % від його маси.

**Мономери** – структурні одиниці, з яких побудовані великі органічні сполуки (полімери).

**Моносахариди** – вуглеводи, які складаються з однієї структурної одиниці.

**Нуклеїнові кислоти** – органічні сполуки, полімери, мономерами в яких є нуклеотиди.

**Нуклеотид** – мономер нуклеїнових кислот, до складу якого входять три компоненти: азотиста (нітрогенвмісна) основа та залишки цукру-пентози й фосфатної кислоти.

**Оборотна денатурація** – порушення всіх структур білка, окрім первинної структури.

**Олігосахариди** – це вуглеводи, які містять від 2 до 10 залишків моносахаридів, що з'єднані глікозидними зв'язками.

**Органогенні елементи** – це Карбон, Оксиген, Нітроген, Гідроген, уміст яких у живому організмі складає 96 % від його маси.

**Полісахариди** – це вуглеводи, полімери, мономерами в яких є моносахариди.

**Принцип комплементарності** – це відповідність нуклеотидів, завдяки якій між ними формуються водневі зв'язки (між аденіном і тиміном – два, а між гуаніном і цитозином – три).

**Ренатурація** – відновлення природної конформації білка за умови збереження його первинної структури.

**Реплікація** – процес синтезу молекул ДНК.

**Рибоза** – вуглевод, моносахарид, пентоза, входить до складу нуклеотидів у молекулах РНК.

**Сахароза** – тростинний або буряковий цукор, дисахарид, складається із залишків глюкози та фруктози, має солодкий смак, легко розчиняється у воді.

**Стероїди** – ліпіди, до яких відносяться статеві гормони естрадіол і тестостерон, вітамін D.

**Ферменти** – біологічні каталізатори, глобулярні білки, що прискорюють швидкість хімічних реакцій.

**Фібрилярні білки** – білки, утворені поліпептидними ланцюгами, які розташовані паралельно один до одного вздовж однієї осі, створюючи довгі волокна (філаменти), найчастіше нерозчинні у воді.

**Фосфоліпіди** – естери гліцерину та жирних кислот, що містять залишок ортофосфатної кислоти, є гідрофільно-гідрофобними сполуками і формують біліпідний шар – основу мембран.

**Фруктоза** – вуглевод, моносахарид, гексоза, у великій кількості у вільному вигляді зустрічається у плодах, тому її часто називають плодовим цукром.

**Хітин** – основний структурний полісахарид у грибів і членистоногих тварин.

**Целюлоза** – основний структурний полісахарид у рослин, входить до складу клітинної стінки рослин.