

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ФІЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ
ІМЕНІ ІВАНА БОБЕРСЬКОГО**

Кафедра біохімії та гігієни

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Завідувач кафедри біохімії та гігієни

_____ д-р біол. наук, с.н.с. Борецький Ю. Р.

“ _____ ” _____ 2021 року

ЛЕКЦІЯ 6

НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «БІОХІМІЯ»

**ТЕМА: БІЛКИ І НУКЛЕЇНОВІ КИСЛОТИ. БУДОВА, ВЛАСТИВОСТІ ТА
БІОЛОГІЧНА РОЛЬ.**

для студентів II курсу

Галузь знань: 01 Освіта

Спеціальність: 017 фізична культура і спорт (фітнес і рекреація);

017 фізична культура і спорт (фізична реабілітація)

Факультет фізичної культури і спорту

Лектор:

Ст. викладач кафедри біохімії та гігієни

канд. наук з фіз. виховання і спорту Тимочко-Волошин Р. І.

ПЛАН ЛЕКЦІЇ:

1. Загальна характеристика та біологічна роль білків.
2. Будова, властивості і класифікація амінокислот.
3. Структура білків. Пептидний зв'язок.
4. Класифікація білків.
5. Фізико-хімічні властивості білків.
6. Загальна характеристика, будова та біологічна роль нуклеїнових кислот.

Загальна характеристика та біологічна роль білків.

Білки – біоорганічні високомолекулярні сполуки, молекули яких являють собою гетерополімери, побудовані із залишків амінокислот, об'єднаних кислотоамідними (пептидними) зв'язками (–CO–NH–).

Білки є найбільш розповсюдженими з усіх класів біомолекул; вони входять до складу всіх клітинних компонентів мікроорганізмів, рослин, тварин (ядра, біомембран, цитоплазми) та міжклітинних структур. Білковий склад живих клітин ускладнюється пропорційно ступеню складності геному та етапу еволюційного розвитку організму. Білки становлять у середньому 18 – 20 % загальної маси тіла людини і близько 50 % його сухої маси.

Мономерами білків є амінокислоти. Спільною ознакою для всіх амінокислот є наявність карбоксильної та аміногруп. У світі відкрито більше 200 різновидів амінокислот. У білках людини міститься 20 основних амінокислот. Вміст хімічних елементів у білку (у % від сухої маси): Карбон (С) – 51 – 55; Оксиген (О) – 21 – 28; Нітроген (N) – 15 – 18; Гідроген (H) – 6 – 7; Сульфур (S) – 0,3 – 2,5. У склад деяких білків входить Фосфор (P – 0,2 – 2 %), Ферум (Fe) та інші елементи.

Біологічні функції білків:

1. *Ферментативна (каталітична) функція.* Усі ферменти (біокаталізатори) за своєю хімічною природою є білками або комплексами білків із низькомолекулярними небілковими сполуками (коферментами, кофакторами).

2. *Структурна функція.* Білки входять до структури біомембран, становлять основу цитоскелета (мікротрабекулярна сітка, мікрофіламенти), міжклітинного матриксу (колаген, еластин) та певних спеціалізованих тканин (кератини).

3. *Регуляторна функція.* Білкову та пептидну природу мають численні біорегулятори – гормони, медіатори та модулятори, що виробляються в ендокринній системі, нейронах головного мозку, імунній системі: прості білки (інсулін, глюкагон тощо), глікопротеїни (тропні гормони гіпофіза тощо), низькомолекулярні пептиди (окситоцин, вазопресин, опіоїдні пептиди мозку, пептиди тимоцитів тощо).

4. *Рецепторна функція.* Білкову природу мають мембранні рецептори для фізіологічно активних сполук, що приймають хімічний сигнал від гормонів, нейромедіаторів (адренорецептори, холіноорецептори, гістамінові рецептори тощо).

5. *Транспортна функція.* Білки зв'язують та здійснюють міжклітинний та внутрішньоклітинний (трансмембранний, цитоплазматичний) транспорт різних лігандів — біомолекул, іонів металів, чужорідних хімічних сполук (ксенобіотиків). Транспортними білками крові людини є сироваткові альбуміни (переносять жирні кислоти, білірубін, лікарські та токсичні сполуки), гемоглобін еритроцитів (транспортують кисень), ліпопротеїни (транспортують ліпіди), трансферин (транспортують залізо).

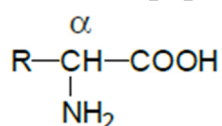
6. *Скорочувальна функція.* Білки є молекулярними структурами, що реалізують скорочувальну функцію м'язів (актин, міозин), джгутиків та війок (тубуліни, динеїни) тощо.

7. *Захисна функція.* Білки виконують функцію імунного захисту (імуноглобуліни, лімфокіни, інтерлейкіни тощо), регулюють гемостаз – протидіють кровотечі, надмірному тромбоутворенню (білки згортальної, антикоагулянтної та фібринолітичної систем крові).

Будова, властивості і класифікація амінокислот.

Амінокислоти – це гетерофункціональні сполуки, які у своїх молекулах містять водночас карбоксильну (-COOH) та аміногрупу (-NH₂).

Загальна формула амінокислот:

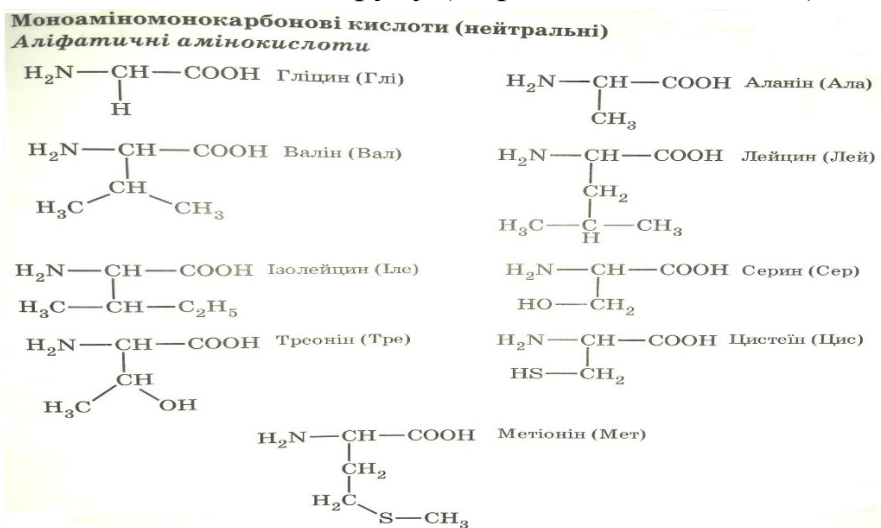


де R – боковий ланцюг (боковий радикал).

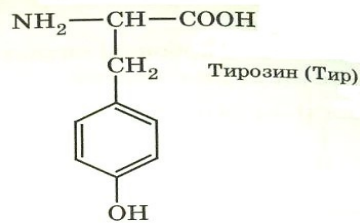
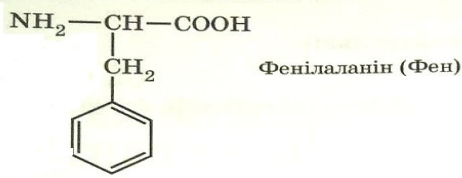
Залежно від будови бокового радикалу R всі амінокислоти ділять на 4 класи:

- неполярні, або гідрофобні (аланін, лейцин, ізолейцин, валін, пролін, фенілаланін, триптофан, метіонін);
- полярні, або незаряджені (гліцин, серин, треонін, цистеїн, тирозин, аспарагін, глютамін);
- полярні, позитивно заряджені (лізин, аргінін, гістидин);
- полярні, негативно заряджені (аспарагінова, глютамінова).

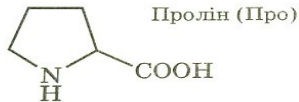
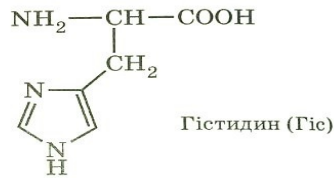
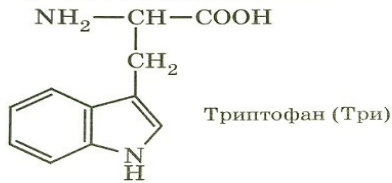
Крім того, амінокислоти поділяють на 2 групи – циклічні і ациклічні. Циклічні ділять на гомоциклічні, або ароматичні (фенілаланін, тирозин) та гетероциклічні (триптофан, гістидин, пролін), залежно від того, як утворене кільце: тільки Карбоновими чи іншими атомами. Ациклічні амінокислоти поділять на такі групи: моноаміномонокарбонові, моноамінодикарбонові, діаміномонокарбонові та діамінодикарбонові. Деякі ациклічні амінокислоти містять Сульфур (S) – тіоамінокислоти, або OH-групу (гідроксиамінокислоти).



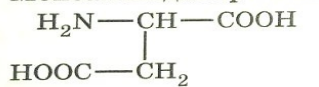
Ароматичні амінокислоти



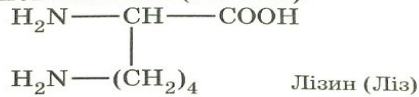
Гетероциклічні амінокислоти



Моноамінодикарбонові кислоти (кислі)

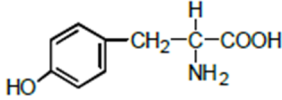
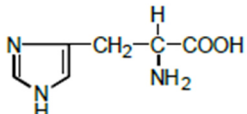


Діаміномонокарбонові кислоти (основні)



Таблиця 1. Класифікація і будова амінокислот

Назва	Будова	Буквені символи амінокислот
I. Неполлярні (гідрофобні) амінокислоти		
Аланін	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Ала
Валін	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{C}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{H}_3\text{C} \quad \text{NH}_2 \end{array}$	Вал
Лейцин	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{H}_3\text{C} \quad \text{NH}_2 \end{array}$	Лей
Ізолейцин	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{C}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}$	Іле
Метіонін	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{S}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Мет
Пролін	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{H}_2\text{C}-\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{H} \end{array}$	Про
Фенілаланін	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-\text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Фен
Триптофан	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{C}_8\text{H}_6\text{N}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Трп

II. Полярні (гідрофільні) незаряджені амінокислоти		
Гліцин	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Глі
Серин	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{HO}-\text{H}_2\text{C}-\text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Сер
Треонін	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{C}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{NH}_2 \end{array}$	Тре
Цистеїн	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{HS}-\text{H}_2\text{C}-\text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Цис
Тирозин		Тир
Аспарагін	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Асп
Глутамін	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Глн
III. Негативно заряджені (кислі) амінокислоти		
Аспарагінова кислота	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Асп
Глутамінова кислота	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Глу
IV. Позитивно заряджені (основні) амінокислоти		
Лізин	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Ліз
Аргінін	$\begin{array}{c} \text{NH} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{NH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Арг
Гістидин		Гіс

Як правило, природні амінокислоти мають L-конфігурацію. Залежно від розміщення NH₂-групи розрізняють α-, β-, γ- та інші амінокислоти. У склад білків входять α-амінокислоти. В організмі людини міститься близько 60 амінокислот та їх похідних, але у склад білків входять лише 20 (протеїногенні амінокислоти).

За біологічним значенням амінокислоти ділять на замінні і незамінні. Замінні синтезуються в організмі в потрібній кількості з незамінних амінокислот або інших сполук. Незамінні амінокислоти не можуть синтезуватися в організмі людини з інших сполук, тому вони повинні надходити з їжею. Для людини абсолютно незамінних амінокислот є 8 – валін, лейцин, ізолейцин, треонін, лізин, метіонін, фенілаланін і триптофан.

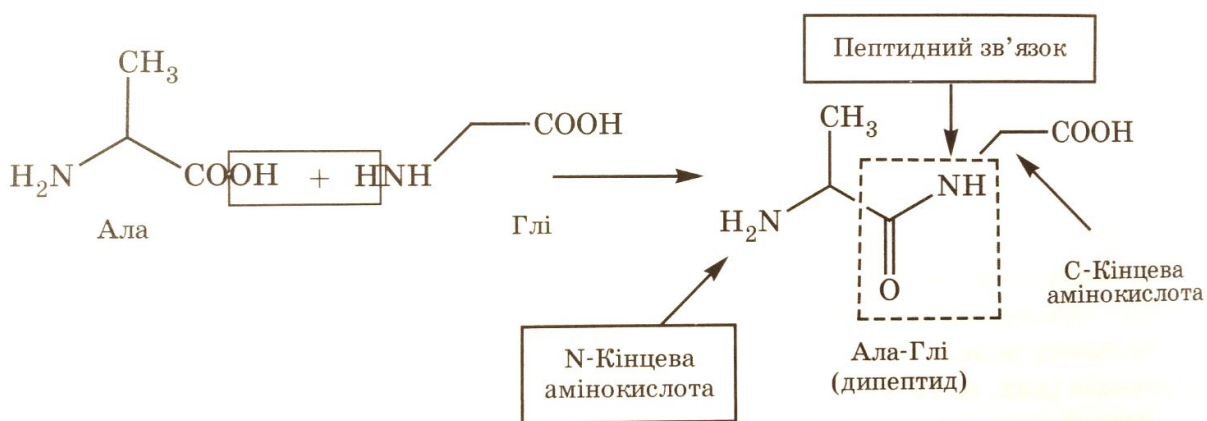
Амінокислоти є амфотерними електролітами, що можуть дисоціювати з утворенням йонних форм – аніона або катіона. У водному середовищі амінокислоти існують у вигляді рівноважної суміші, що складається з аніонної,

катионної форми та біполярного йона (цвіттер-йона). Крім того, залежно від полярності бічних радикалів R, амінокислоти в більшій чи меншій мірі взаємодіють із диполями води, тобто проявляють гідрофільні або гідрофобні властивості.

До хімічних властивостей амінокислот належать: реакції декарбоксілювання (відщеплення CO₂, з утворенням біогенних амінів), реакції дезамінування (відщеплення аміногрупи), реакції переамінування або трансамінування (обмін оксогрупами та аміногрупами), утворення пептидів, поліпептидів і білків (реакції поліконденсації).

Структура білків. Пептидний зв'язок.

Амінокислоти можуть вступати в реакції поліконденсації, утворюючи молекули пептидів, поліпептидів і білків. Утворення *пептидного зв'язку* –CO-NH– можна зобразити як відщеплення води від взаємодіючих карбоксильної та аміної груп сусідніх амінокислот:



Амінокислоту, що має вільну аміногрупу, називають N-кінцевою, а яка має вільну карбоксильну групу – С-кінцевою амінокислотою.

Отже, кінцевими продуктами гідролізу білків є амінокислоти. Порядок розміщення амінокислот у молекулі білка називають амінокислотною послідовністю. Амінокислотний склад і амінокислотна послідовність надзвичайно сильно впливають на біологічну дію пептидів і білків.

Білкова молекула містить міцні ковалентні і відносно слабкі нековалентні зв'язки, що надає їй певної міцності і рухомості у процесі функціонування. **Ковалентні зв'язки** білкової молекули представлені *пептидним* (–CO-NH–) і *дисульфідним зв'язком* (–S-S–) – утворюється окиснення сульфгідрильних груп двох залишків цистеїну, що входять до одного або різних ланцюгів. До **нековалентних зв'язків** і взаємодій, що впливають на просторову структуру та функціональну динамічність білкової молекули належать: гідрофобна взаємодія, електростатичні (йонні) та водневі зв'язки. *Гідрофобна взаємодія* виникає при наближенні гідрофобних вуглеводневих і ароматичних радикалів. *Водневий зв'язок* виникає між ковалентно зв'язаним атомом Гідрогену, що має невеликий позитивний заряд та сусіднім атомом, що має незначний негативний заряд (між пептидними групами, між карбоксильною і гідроксильною групами, між

фенольним і імідазольним залишками). *Електростатичні взаємодії* (йонні або сольові (дипольні) зв'язки) виникають між двома протилежно зарядженими полярними групами.

Біологічна роль та функціональні властивості білків визначаються набором амінокислот, послідовністю їх розміщення та просторовою структурою білкових молекул.

Розрізняють 4 рівні структурної організації білків:

1. **Первинна структура білка.** Під первинною структурою білків розуміють пептидний (поліпептидний) ланцюг, побудований із залишків L-амінокислот. У поняття первинної структури білка або пептиду входять його якісний та кількісний амінокислотний склад та порядок чергування (послідовність) окремих амінокислотних залишків.

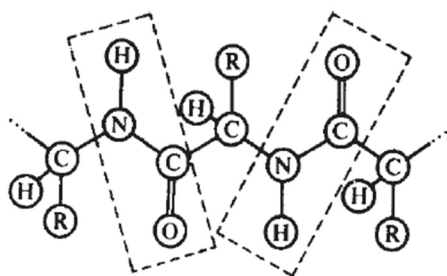
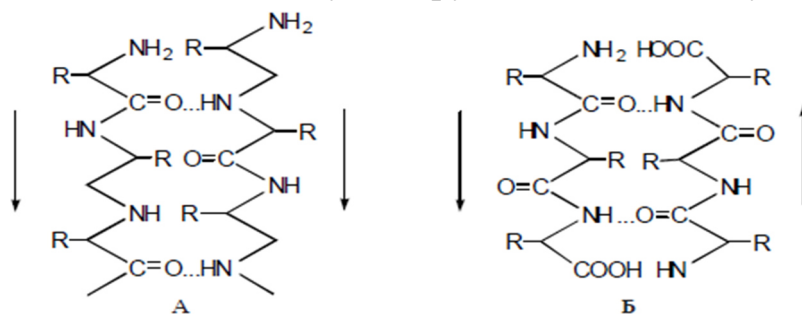


Схема будови поліпептидного ланцюга (HC-R – відносно рухомі ділянки; -CONH- пептидні групи, всі атоми яких знаходяться в одній площині).

2. **Вторинна структура білків** – це ряд конформацій, утворення яких зумовлено, головним чином, водневими зв'язками між окремими ділянками (переважно, пептидними групами) пептидного ланцюга або різними пептидними ланцюгами. Розрізняють два основних типи впорядкованої вторинної структури білкових молекул: α -спіраль та β -структуру.

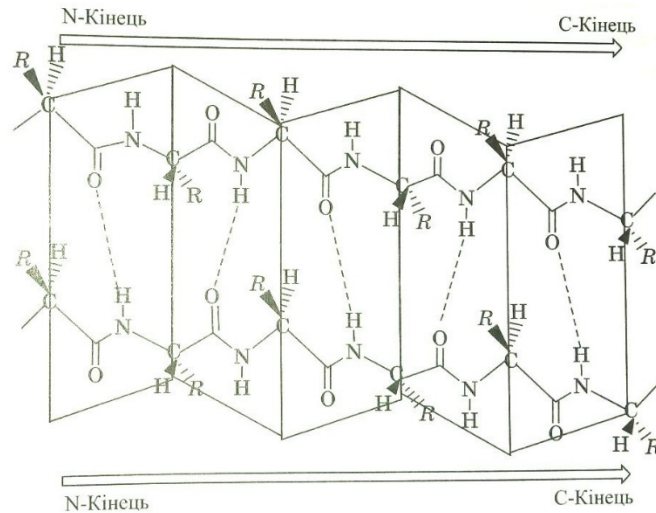
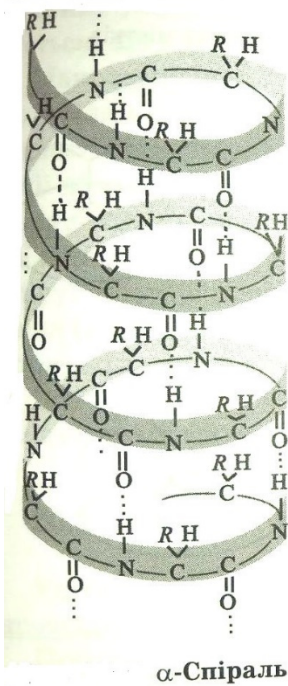
α -Спіраль – конформація, яка утворюється при просторовому скручуванні поліпептидного ланцюга за рахунок водневих зв'язків, що виникають між C=O- та NH-групами поліпептидного ланцюга, що віддалені одна від одної на чотири амінокислотних залишки.

β -Структура – структура типу складчастого шару, складається із зигзагоподібно розгорнутих поліпептидних ланцюгів, що розташовані поряд (двох або більшої кількості). β -Структури утворюються за рахунок міжланцюгових водневих зв'язків, що з'єднують групи C=O- та NH- сусідніх поліпептидів.



Схематичне зображення β -структур:

А – паралельні ланцюги; Б – антипаралельні ланцюги.



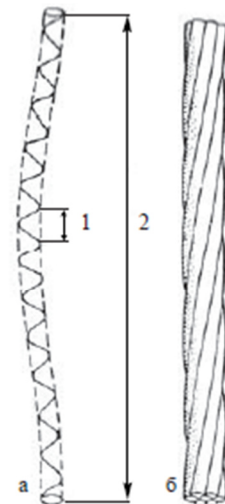
3. **Третинна структура білка** являє собою спосіб укладання в тривимірному просторі поліпептидного ланцюга з певною вторинною структурою. Третинна структура фіксується водневими зв'язками, дисульфідними містками, силами гідрофобних та електростатичних взаємодій. Залежно від форми та особливостей тривимірної просторової організації, виділяють глобулярні та фібрилярні білки.

Глобулярні білки – білки, що мають округлу (кулеподібну, або еліпсоїдну) форму. Тривимірна організація глобулярних білків утворюється за рахунок просторового згортання поліпептидного ланцюга, окремі частини якого можуть містити α -спіралі, β -структури та ділянки без упорядкованої структури.

Фібрилярні білки – білки, структурною особливістю яких є витягнута форма молекул. Вони схильні до утворення мультимолекулярних ниткоподібних комплексів – фібрил, що складаються з декількох паралельних поліпептидних ланцюгів.



Моделі третинної структури β -ланцюга гемоглобіну (А) і міоглобіну (Б)



Модель формування фібрилярних білків

4. **Четвертинна структура білків** утворюється при об'єднанні (агрегації) декількох поліпептидних ланцюгів або протомерів, кожен з яких має свою характерну впорядковану конформацію. Іншими словами, четвертинна структура являє собою організацію декількох поліпептидних ланцюгів із третинною структурою в єдину функціональну молекулу білка. Окремі протомери (субодиниці) в білках з четвертинною структурою об'єднані нековалентними зв'язками, що спричиняє порівняно легку їх дисоціацію при зміні фізико-хімічних властивостей середовища. Разом із тим, така дисоціація призводить до втрати специфічної для даного білка біологічної активності, яка притаманна лише цілісному олігомерному утворенню.

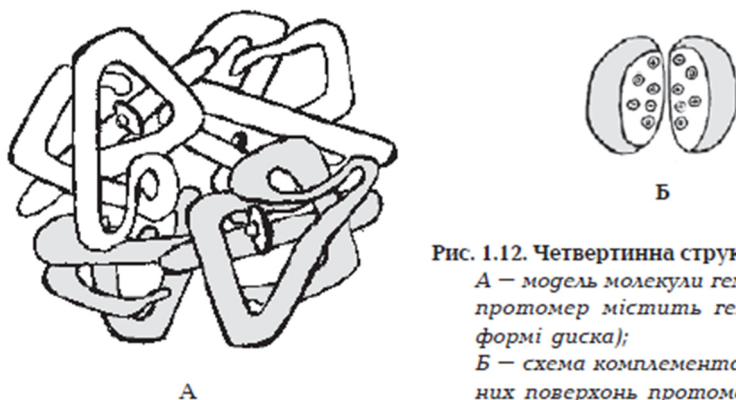


Рис. 1.12. Четвертинна структура гемоглобіну:
 А – модель молекули гемоглобіну, кожний протомер містить гем (зображений у формі диска);
 Б – схема комплементарності контактних поверхонь протомерів.

Класифікація білків.

Білки, до складу яких входять лише залишки амінокислот, об'єднані в поліпептидні ланцюги, отримали назву **простих білків**. До простих білків належать гістони, протаміни, альбуміни, глобуліни, проламіни, глютеліни і протеїноїди або склеропротеїни. Ці білки при гідролізі розщеплюються до амінокислот.

Білки, до складу яких входять приєднані ковалентними або нековалентними зв'язками інші біомолекули або іони металів (небілкову частину), називаються **складними білками**.

Сполуками небілкової природи, що входять до складу складних білків (простетичними групами), можуть бути вуглеводи, ліпіди, нуклеїнові кислоти, нуклеотиди, порфірини, йони металів, залишки фосфорної кислоти. Простетична група може бути з'єднана з білковою частиною (апопротеїном) як ковалентними зв'язками, так і нековалентними (водневими, йонними, гідрофобними).

Залежно від хімічної природи простетичної групи складні білки поділяються на:

а) глікопротеїни – білки, простетичними групами в яких є моно- або олігосахариди. У складі глікопротеїнів вуглеводна частина ковалентно зв'язана з одним із бічних амінокислотних радикалів пептидного ланцюга. Комплекси білків із високомолекулярними гетерополісахаридами (мукополісахаридами) називаються протеогліканами;

б) ліпопротеїни – білки, простетичними групами яких є ліпіди (триацилгліцероли, складні ліпіди тощо);

в) нуклеопро­теїни – білки, небілковою частиною яких є нуклеїнові кислоти ДНК та РНК (дезоксирибонуклеопро­теїни та рибонуклеопро­теїни, відповідно). Нуклеопро­теїни є надмолекулярними комплексами, що становлять субклітинні органи­ли – хроматин, рибосоми тощо;

г) хромо­про­теїни – білки, що мають забарвлену, пігментну простетичну групу (нуклеотид, порфірин у комплексі з металом); прикладами хромо­про­теїнів є флаво­про­теїни та цитохроми дихального ланцюга мітохондрій, гемоглобін еритроцитів;

д) металопро­теїни – білки, які містять метал, що не входить до складу металопорфіринового комплексу;

е) фосфо­про­теїни – білки, які містять у своєму складі залишок фосфорної кислоти, поєднаний фосфодієфірним зв'язком із гідроксильною групою серину або треоніну пептидного ланцюга.

Фізико-хімічні властивості білків.

Властивості білків визначаються набором амінокислот, в яких наявні певні функціональні групи та радикали. *Амфотерність білків* визначається, насамперед, наявністю карбоксильних та амінних груп, але ті групи, що утворюють пептидний зв'язок на амфотерність не впливають. Отож, *кисотно-основні властивості* білкової молекули визначаються кислими та основними амінокислотами, що розташовується на поверхні білкової молекули. Кислотних властивостей білку надають глютамінова та аспарагінова амінокислоти. Менший внесок у кислотність білка роблять тирозин і цистеїн, бо фенольна і SH-група мають незначну здатність до дисоціації. Лужних властивостей білку надають основні амінокислоти – лізин, аргінін, гістидин.

Водні *розчини білків* є стійкими і гомогенними та можуть тривалий час зберігатися, не випадаючи в осад (не коагулювати). Інакше кажучи, вони мають властивості справжніх розчинів. Разом з тим, завдяки високій молекулярній масі білків їх розчинам притаманні *властивості колоїдних систем*:

1. Мала швидкість дифузії (значні розміри молекул та їх форма – глобулярні білки дифундують швидше, ніж фібрилярні).
2. Нездатність проходити через напівпроникні мембрани, через великі розміри молекул білка, але створення ним осмотичного тиску.
3. Висока в'язкість розчинів та схильність до утворення гелів.
4. Здатність розсіювати промені видимого світла.

Розчинність білків залежить від їх амінокислотного складу та структурної організації. Глобулярні білки розчиняються краще, ніж фібрилярні. Стабілізують розчини білків два фактори: заряд білкової молекули та гідратна оболонка. Все, що

сприяє збереженню електричного заряду і водної оболонки, підвищує розчинність білка і його стійкість у розчині.

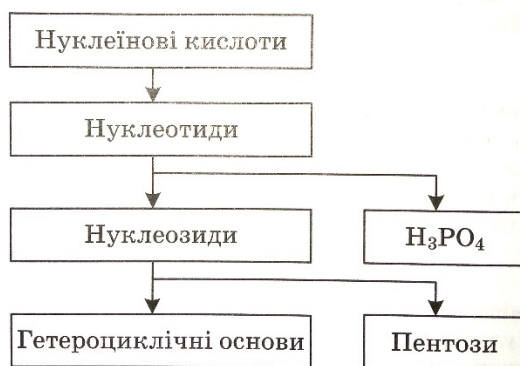
Під *коагуляцією білків* розуміють зближення і склеювання білкових частинок, внаслідок чого вони випадають у осад. Коагуляція може бути зворотною, коли при усуненні факторів, що її викликають, білок знову переходить у свій попередній нативний стан. Якщо коагульований білок не вдається повернути до попереднього стану, то така коагуляція не зворотна (денатурація).

Осадження білків розчинами нейтральних солей (NaCl, Na₂SO₄, (NH₄)₂SO₄, MgSO₄ та інші) називається *висолюванням*. Осажені висолуванням білки відновлюють свої нативні властивості після видалення солі. Отже, висолування викликає зворотню коагуляцію білків. Найсильніша висолувальна дія притаманна сульфатам.

Руйнування вищих структур білкової молекули при збереженні первинної структури та втраті білком нативних фізико-хімічних та біологічних властивостей називається *денатурацією*. В основі денатурації лежить руйнування зв'язків, що стабілізують вищі структури білка (четвертинна, третинна, вторинна). Як наслідок – розгортання поліпептидного ланцюга і набування ним форми неупорядкованого клубка та випадання в осад. Найбільш вивченою є температурна (теплова) денатурація (при $t > 50 - 60 \text{ }^\circ\text{C}$). До хімічних факторів, що спричиняють денатурацію білка, належать кислоти, луги, органічні розчинники (спирт, ацетон), алкалоїди, солі важких металів (Hg, Cu та інші).

Загальна характеристика, будова та біологічна роль нуклеїнових кислот.

Нуклеїнові кислоти – дезоксирибонуклеїнові кислоти (ДНК) та рибонуклеїнові кислоти (РНК) – це полінуклеотиди, що складаються з мономерних ланок – нуклеотидів (мононуклеотидів). **Нуклеотиди** – трикомпонентні сполуки, які побудовані з азотистої основи пуринового чи піримідинового ряду, залишків пентоз (рибози або дезоксирибози) та фосфату.

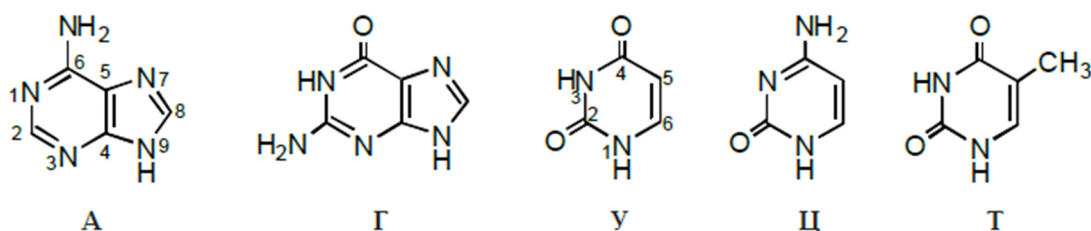


Нуклеїнові кислоти є високомолекулярними сполуками з молекулярною масою від декількох тисяч (транспортні РНК) до кількох мільйонів дальтон (ДНК еукаріотів). Це біополімери, які разом із білками належать до класу інформаційних біомакромолекул. Нуклеїнові кислоти виконують ряд унікальних біологічних функцій, не властивих іншим біополімерам: забезпечують збереження і

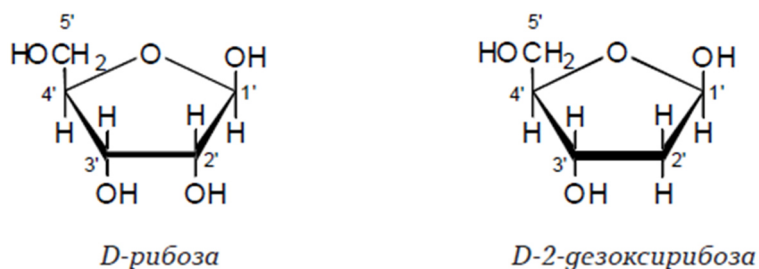
передавання нащадкам спадкової інформації, беруть безпосередню участь у механізмах її реалізації шляхом програмування матричного синтезу всіх білків індивідуального організму.

Нуклеотиди є структурними компонентами (мономерними ланками) молекул нуклеїнових кислот – ДНК та РНК. Крім того, деякі рибонуклеотиди та їх похідні, що не входять до складу нуклеїнових кислот (вільні нуклеотиди), виконують функції коферментів, кофакторів, алостеричних ефекторів різних ферментних систем. Особливе значення вільні нуклеотиди мають у ферментних процесах, що пов'язані з акумулюванням, зберіганням та міжмолекулярним перенесенням енергії в клітинах.

Головні азотисті основи – компоненти нуклеїнових кислот: пуринові – аденін (А) і гуанін (Г), піримідинові – урацил (У), цитозин (Ц), тимін (Т):



Нуклеотиди в складі ДНК містять вуглевод D-2-дезоксирибозу, а в РНК – D-рибозу. Обидві пентози перебувають у β-фуранозній формі:

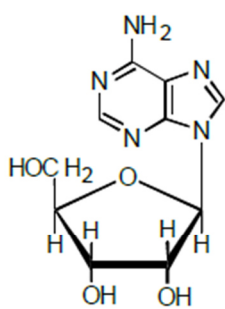
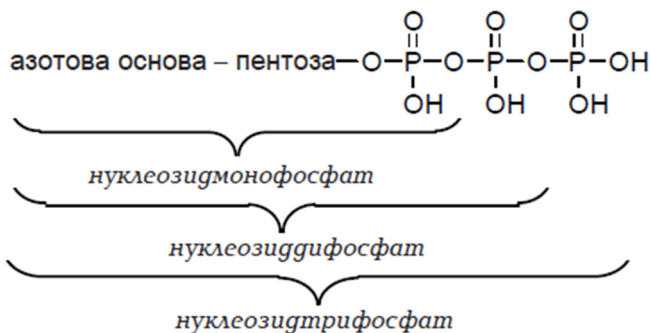


При з'єднанні рибози чи дезоксирибози з азотовою основою утворюється нуклеозид.

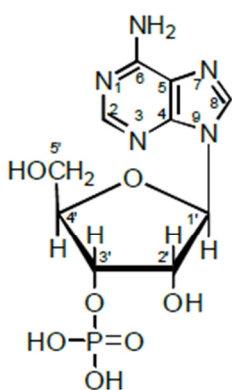
Таблиця 2. Номенклатура нуклеозидів і нуклеотидів

Основа	Нуклеозид	Нуклеотид	Скорочене позначення
Аденін	Аденозин	Аденілова кислота, аденозин-монофосфат	АМФ
	Дезоксиаденозин	Дезоксиаденілова кислота, дезоксиаденозинмонофосфат	дАМФ
Гуанін	Гуанозин	Гуанілова кислота, гуанозин-монофосфат	ГМФ
	Дезоксигуанозин	Дезоксигуанілова кислота, дезоксигуанозинмонофосфат	дГМФ
Урацил	Уридин	Уридилова кислота, уридин-монофосфат	УМФ
Цитозин	Цитидин	Цитидилова кислота, цитидин-монофосфат	ЦМФ
	Дезоксицитидин	Дезоксицитидилова кислота, дезоксицитидинмонофосфат	дЦМФ
Тимін	Тимідин	Тимідилова кислота, тимідин-монофосфат	ТМФ

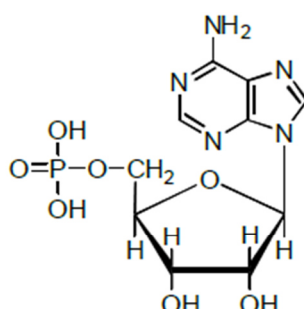
В організмі, крім нуклеозидмонофосфатів, містяться нуклеозиддифосфати і нуклеозидтрифосфати:



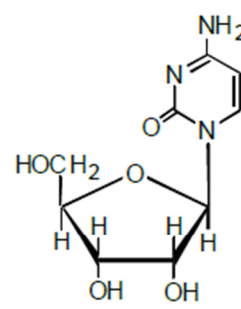
Аденозин



Аденозин-3'-фосфат

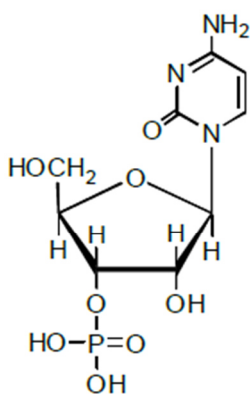


Аденозин-5'-фосфат

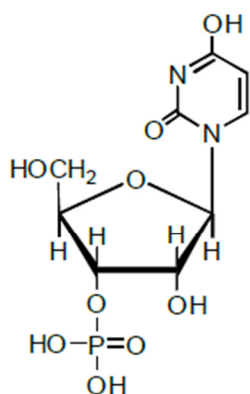


Цитидин

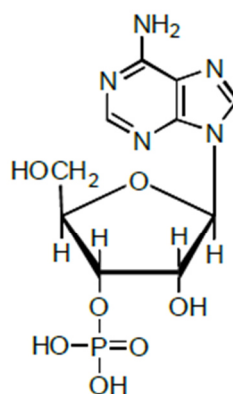
Рибонуклеотиди (А)



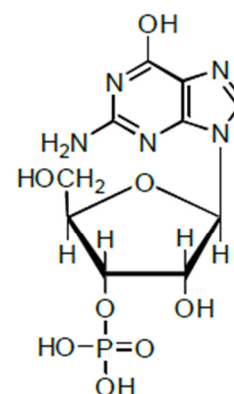
Цитидин-монофосфат (ЦМФ)



Уридин-монофосфат (УМФ)

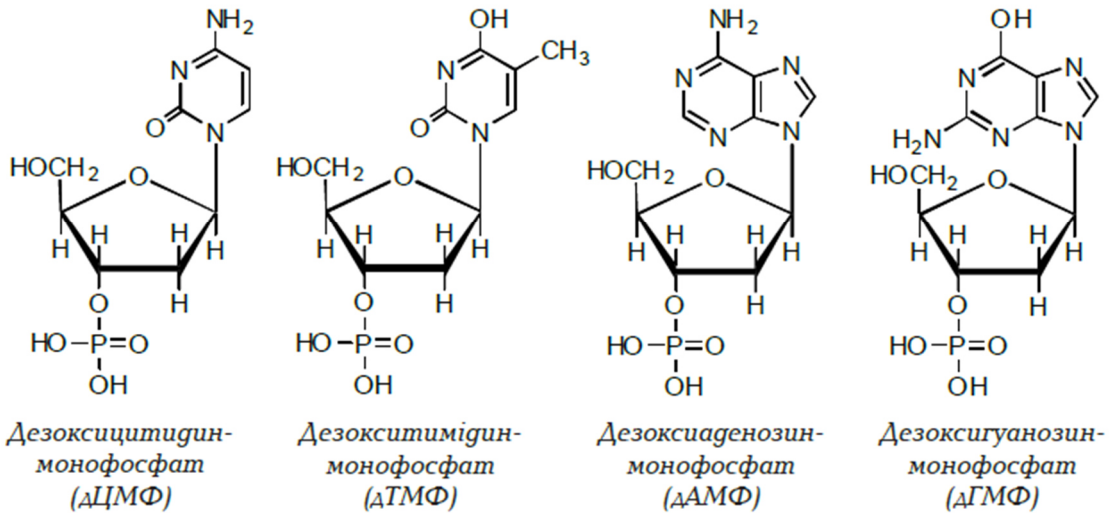


Аденозин-монофосфат (АМФ)



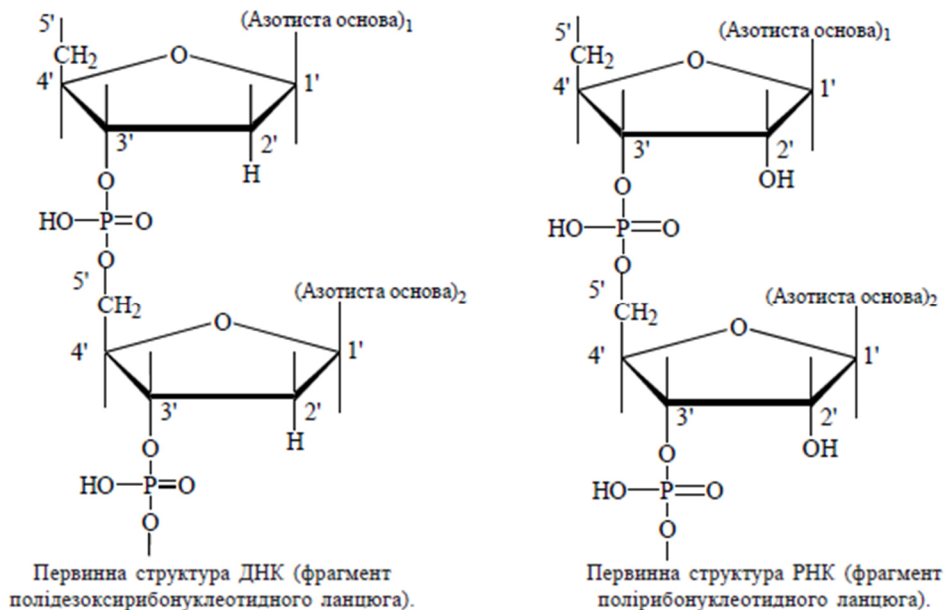
Гуанозин-монофосфат (ГМФ)

Дезоксирибонуклеотиди (Б)



Рибонуклеїнові кислоти (РНК) – полірибонуклеотиди, що в клітинах еукаріотів та прокаріотів за характером своєї структури та біологічних функцій поділяються на такі основні класи: інформаційні (матричні) РНК (мРНК), транспортні РНК (тРНК), рибосомні РНК (рРНК). У клітинах РНК-вмісних вірусів полірибонуклеотиди виконують генетичну функцію зберігання та переносу спадкової інформації.

Всі класи нуклеїнових кислот (ДНК та РНК) є високомолекулярними сполуками, основою первинної структури яких є полінуклеотидний ланцюг, побудований із мономерів – нуклеотидів. Окремі нуклеотиди сполучаються між собою в полінуклеотидний ланцюг за рахунок фосфодієфірних зв'язків, що утворюються між 3'- та 5'- гідроксильними групами пентоз (рибоз або дезоксирибоз) сусідніх нуклеотидів.



При схематичному зображенні полінуклеотидних ланцюгів ДНК та РНК пентози позначають вертикальними лініями, 3'-, 5'-фосфодієфірні зв'язки — похилими лініями з буквою Ф (Р) посередині.



Відмінності в первинній структурі ДНК та РНК:

1. До складу нуклеотидів ДНК входить цукор 2'-дезоксирибоза, замість рибози в складі нуклеотидів РНК.

2. Нуклеотиди ДНК та РНК відрізняються за складом піримідинових основ:

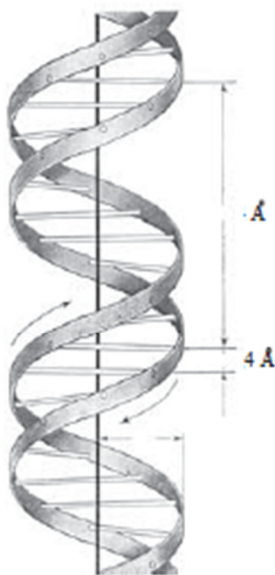
– у ДНК міститься піримідин тимін (5-метилурацил);

– у РНК міститься піримідин урацил (замість тиміну).

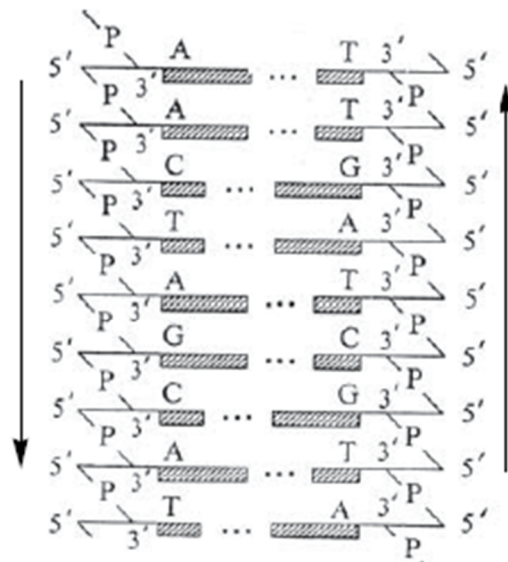
3. Первинна структура ДНК та РНК відрізняється за наявністю деяких мінорних основ (5-метилцитозин, дигідроурацил, гіпоксантин, метильовані аденін і гуанін).

4. Певні класи ДНК та РНК мають специфічні для них послідовності нуклеотидів, що визначають їх біологічні функції.

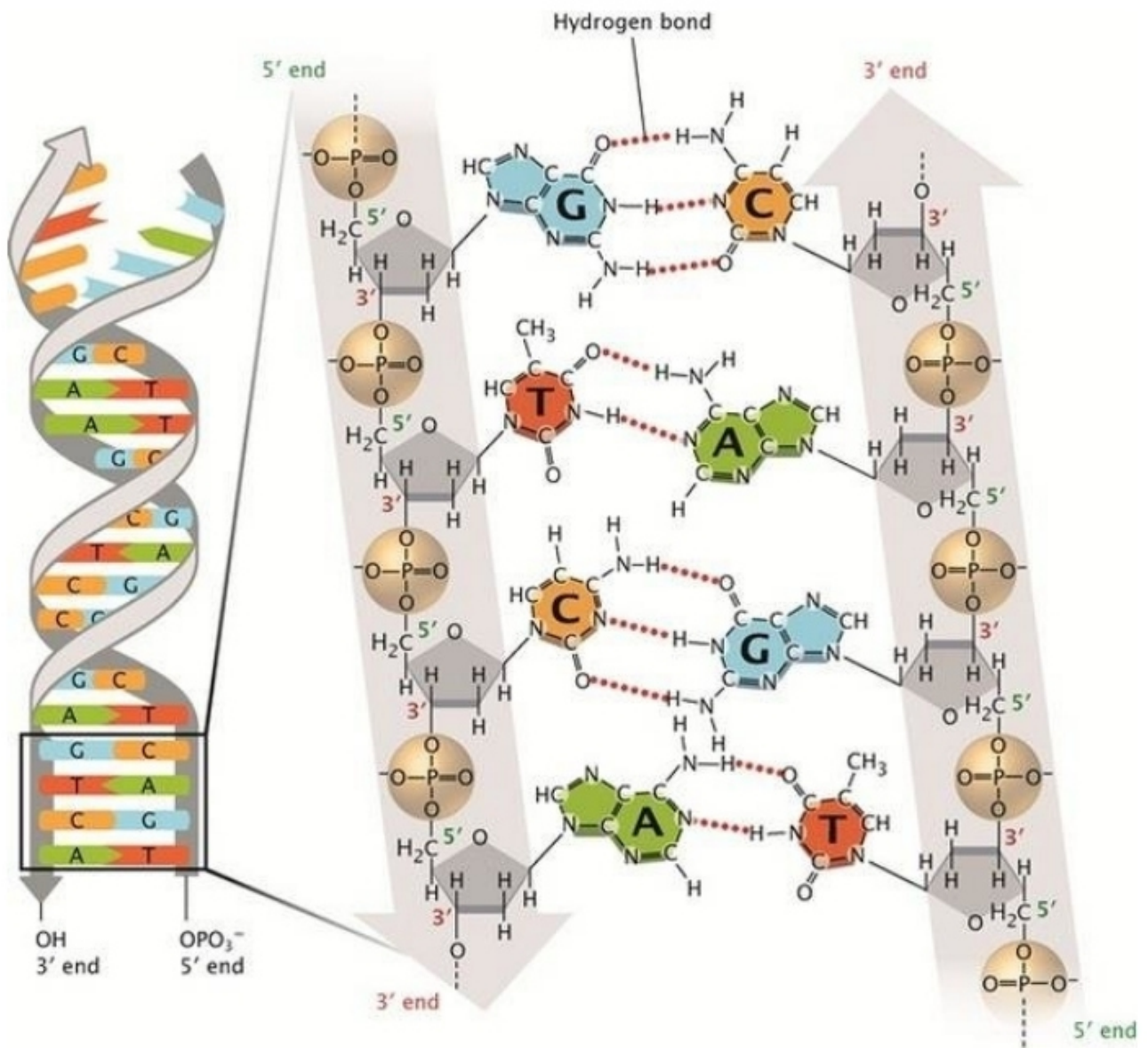
Важлива особливість об'єднання двох полінуклеотидних ланцюгів у молекулу ДНК – антипаралельність – 5'-кінець одного ланцюга сполучається з 3'-кінцем іншого і навпаки.



Схематичне зображення дво-спіральної молекули ДНК.



Антипаралельність полінуклеотидних ланцюгів в молекулі ДНК.



Використана література:

1. Гонський Я. І., Максимчук Т. П. Біохімія людини: підручник. Вид. 3-тє, виправлене і доповнене. Тернопіль: ТДМУ, Укрмедкнига, 2017. 732 с.
2. Губський Ю. І. Біологічна хімія: підручник. Київ-Тернопіль: Укрмедкнига, 2000. 506 с.
3. Склярів О. Я., Фартушок Н. В., Бондарчук Т. І. Біологічна хімія: підручник. Тернопіль: ТДМУ, Укрмедкнига, 2015. 706 с.
4. Явоненко О. Ф., Яковенко Б. В. Біохімія: підручник для студентів спеціальності «Фізична культура» педагогічних університетів. Суми: Університетська книга, 2020. 380 с.
5. Біологічна хімія: підручник / Павлоцька Л. Ф. та ін. Суми: Університетська книга, 2020. 513 с.
6. Музиченко В. П., Луцевич Д. Д., Яворська Л. П. Медична хімія: підручник. Вид. 3-тє, виправлене. Київ: Медицина, 2018. 496 с.
7. Осипенко Г. А. Основи біохімії м'язової діяльності: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів фізичного виховання і спорту. Київ: Олімпійська література, 2007. 200с.
8. Практикум з біохімії: навчальний посібник / Трач В. М., Сибіль М. Г., Гложик І. З., Башкін І. М. Львів: ЛДУФК, 2014. 283 с.
9. Биорганическая химия: учеб. пос. / Кнорре Д. Г. и др. Новосибирск: Новосиб. гос. ун-т, 2011, 480 с.