

**ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ФІЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ**

**Кафедра біохімії та гігієни**

**Білки і нуклеїнові кислоти. Будова, властивості та біологічна роль**

Лекція з навчальної дисципліни

**Біохімія**

для студентів II курсу

**спеціальності 017 Фізична культура і спорт**

**“ЗАТВЕРДЖЕНО”**

на засіданні кафедри

біохімії та гігієни

„31” серпня 2018 р. протокол № 1

Зав.каф \_\_\_\_д.б.н. Борецький Ю.Р.

## **Тема: Білки і нуклеїнові кислоти. Будова, властивості та біологічна роль**

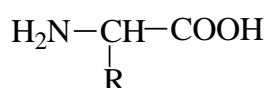
Білки складають 50-60% сухої маси тіла. Найбільше їх у м'язах, легенях, селезінці, нирках (70-80% сухої маси). Найнижчий вміст білка у кістці і зубах (20% і 18%). Добова потреба залежить від віку, умов праці, кліматичних умов. В середньому вона становить – 100-120г білка (1,3г на 1кг маси тіла). При збільшенні енерговитрат потреба збільшується до 10г на 2100 кДж зростаючих витрат енергії.

В організм білки надходять з їжею рослинного і тваринного походження, однак у рослинах їх менше: найбільше у бобових: 20-30%, у злаках - 10-13%, у грибах - 3-6%, у овочах - 0,3-2% маси свіжої тканини.

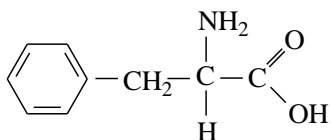
Білки кількісно переважають над всіма макромолекулами, котрі є в клітині і складають більше половини сухої ваги більшості організмів. Це особливий клас речовин, який називають протеїнами від грецького слова protos – перший, важливий. Виходячи із структури, це високомолекулярні азотовмісні органічні речовини, побудовані з амінокислот, які з'єднані пептидними зв'язками, тобто це високомолекулярні полімери, мономерами яких є амінокислоти. Молекули білків мають складну структурну організацію.

Молекулярна маса білків дуже велика і складає від 10 000 до декількох мільйонів вуглецевих одиниць, це значить, що білкова молекула містить до декількох тисяч амінокислотних залишків. Всі білки у всіх організмах, незалежно від їх функцій і біологічної активності, побудовані з одного і того ж основного набору 20 стандартних амінокислот.

Відомо в природі біля 80 амінокислот, але у складі білків виявлено тільки 22. Загальна формула амінокислоти наступна:



Як видно з формули, амінокислота обов'язково містить *аміно- і карбоксильну групу*. Амінокислоти бувають *циклічні і ациклічні*.



Фенілаланін

За кількістю функціональних груп амінокислоти класифікують на *моноаміномонокарбонові, моноамінодикарбонові, діаміномонокарбонові, діамінодикарбонові.*

Ациклічні. *Моноаміномонокарбонові - гліцин, аланін, валін, лейцин, золейцин, серин, треонін. Моноамінодикарбонові - аспарагін, аспарагінова кислота, глутамін, глутамінова кислота. Діаміномонокарбонові - лізин, аргінін. Сірковмісні - метіонін, цистеїн. Діамінодикарбонова - цистин.* Циклічні: *гомоциклічні - фенілаланін, тирозин, та гетероциклічні - гістидин, пролін.*

Окремі ациклічні амінокислоти можуть містити оксигрупу – OH. Вони називаються *оксикислотами (серин, тирозин)*. Або сульфгідрильну групу –SH і називаються *сірковмісними (цистеїн, цистин, метіонін)*.

Циклічні амінокислоти поділяються на гомоциклічні і гетероциклічні. Гомоциклічні мають в циклі тільки атоми вуглецю (фенілаланін, тирозин). У гетероциклічних амінокислотах у циклі присутні і інші хімічні елементи, наприклад азот (триптофан, гістидин, пролін).

### Хімічна будова окремих груп основних амінокислот

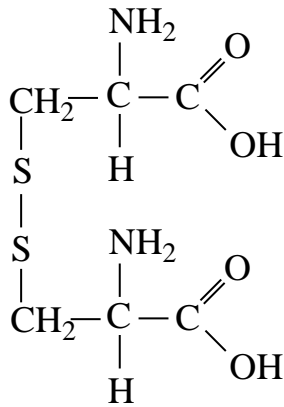
Амінокислота	Боковий ланцюг, або радикал (R)	Частина молекули, однакова для всіх амінокислот
<b>1. Ациклічні</b> <i>Моноаміномонокарбонові</i>		

Гліцин (Глі)	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{array} \\   \\ \text{H} \end{array}$
Аланін (Ала)	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\   \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{array} \\   \\ \text{H} \end{array}$
Валін (Вал)	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\   \\ \text{H}_3\text{C} \quad \text{CH} - \text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{array} \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_3\text{C} \quad \text{H} \end{array}$
Лейцин (Лей)	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\   \\ \text{H}_3\text{C} \quad \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{array} \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_3\text{C} \quad \text{H} \end{array}$
Ізолейцин (Іле)	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\   \\ \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{array} \\   \\ \text{CH}_3 \\ \text{H} \end{array}$
Серин (Сер)	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\   \\ \text{HO} - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{array} \\   \\ \text{H} \end{array}$
Треонін (Тре)	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{NH}_2 \\   \quad   \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{array} \\   \quad   \\ \text{HO} \quad \text{H} \end{array}$

Амінокислота	Боковий ланцюг, або радикал (R)	Частина молекули, однакова для всіх амінокислот
<i>Моноамінодикарбонові та їх амід</i>		



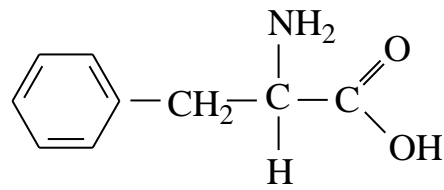
Цистин (Цис)



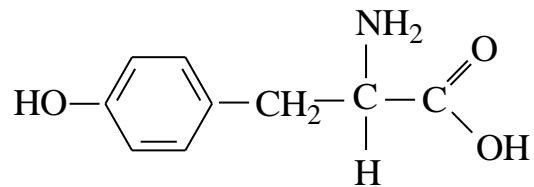
## 2. Циклічні

### Гомоциклічні

Фенілаланін (Фен)

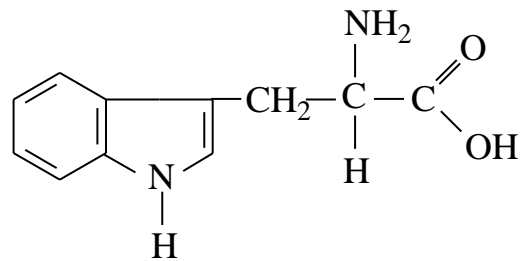


Тирозин (Тир)

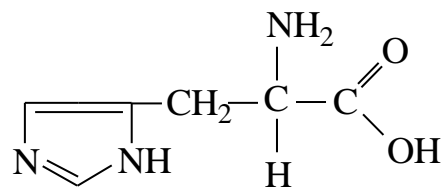


### Гетероциклічні

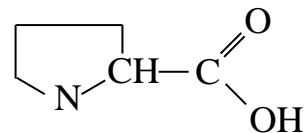
Триптофан (Три)



Гістидин (Гіс)



Пролін (Про)



Амінокислоти відрізняються особливостями свого метаболізму і поділяються на *замінні*, які організм синтезує сам, і *незамінні*, які поступають в організм з продуктами харчування, до *незамінних* належать: Ізолейцин, Лейцин, Лізин, Метіонін, Фенілаланін, Треонін, Триптофан, Валін, Гістидин, Аргінін (є тільки у дітей). Решта амінокислот *замінні*: *аланін, аргінін, аспарагін, аспарагінова кислота, цистеїн, глютамінова кислота, глютамін, гліцин, пролін, серин, тирозин.*

Білки, котрі містять всі незамінні амінокислоти називаються *повноцінними*. Вони є у продуктах тваринного походження і є невід'ємним компонентом раціону харчування людини.

Хімічно чисті амінокислоти є білими зі слабким запахом порошками без смаку. Але солі деяких амінокислот мають смак і запах курячого росолу, тому використовуються як харчова приправа.

Амінокислоти розчинні у воді і нерозчинні в органічних розчинниках. У водних розчинах дисоціюють на іони. В нейтральному середовищі вони є у біполярній формі, маючи позитивний і ( $\text{NH}_3^+$ ) і ( $\text{COOH}^-$ ) заряди. Амінокислоти - амфотерні сполуки, бо у водних розчинах вони взаємодіють як з лугами так і з кислотами. В залежності від кількості аміногруп і карбоксильних груп амінокислоти можуть мати позитивний заряд (коли більше аміногруп) і проявляти властивості основи (аргінін, лізин, гістидин), і негативний заряд (коли більше карбоксильних груп), і проявляти кислотні властивості (аспарагінова, глютамінова кислоти). Амфотерні властивості амінокислот впливають на кислотно-основні властивості білків і їх біологічні функції, особливо на їх буферну дію. Так, білок гемоглобін містить велику кількість амінокислоти гістидину, котра надає йому певної буферної ємності.

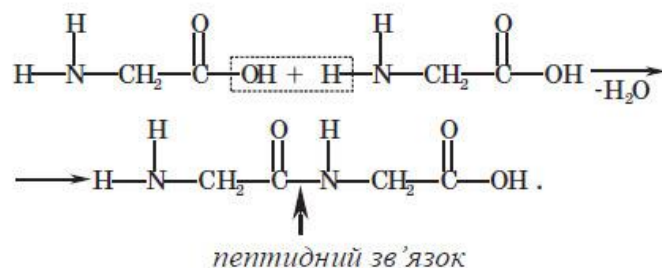
У клітинах є певний пул амінокислот. Вони використовуються для синтезу білків та в меншій мірі для синтезу інших азотовмісних сполук:

креатину, гістаміну, катехоламінів. Амінокислоти можуть перетворюватись в вуглеводи, жирні кислоти, холестерин, кетоніві тіла і також окислюватись до  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , з виділенням енергії. З окремих амінокислот синтезуються певні речовини: гормони, коферменти. З фенілаланіну і тирозину - катехоламіни (адреналін, норадреналін), тироксин, аланін входить до ацетил-КоА, метіонін використовується для синтезу ацетилхоліну.

При декарбоксілюванні амінокислот утворюються біогенні аміни:  $\gamma$ -аміномасляна кислота (ГАМК) утворюється в мозку з глутамінової кислоти, гістамін (утворюється при декарбоксілюванні гістидину і називається тканинним гормоном), серотонін з триптофану (в малих дозах він пригнічує, а у великих стимулює роботу ЦНС).

Кожний білок має свою, тільки для нього характерну послідовність амінокислот.

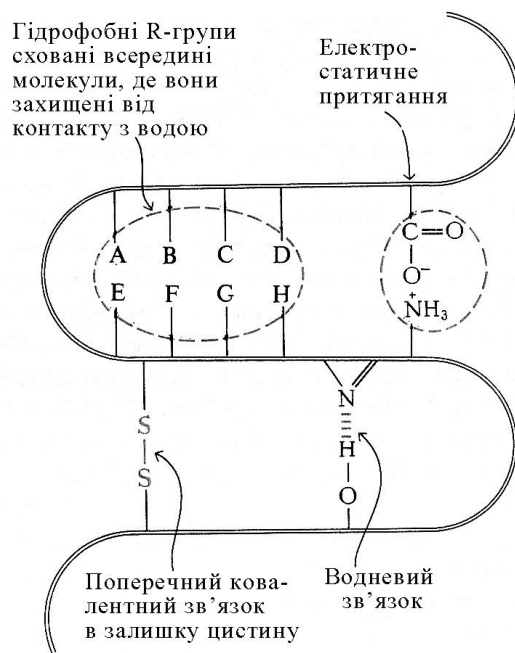
Це сукупність амінокислот, зв'язаних пептидними зв'язками.



Кожний білок є унікальним за своєю структурною організацією. Білкова молекула містить *міцні ковалентні* і *відносно слабкі нековалентні* зв'язки. Таке поєднання зв'язків надає білковій молекулі міцності і рухомості у процесі функціонування. Ковалентні зв'язки представлені пептидними і дисульфідними зв'язками. Пептидний зв'язок, або кислотно-амідний (-CO-NH-) є типовим ковалентним зв'язком, за допомогою якого залишки амінокислот з'єднуються між собою, утворюючи скелет білкової молекули. Дисульфідний



зв'язок (-S-S-) утворюється внаслідок окиснення сульфгідрильних груп двох залишків цистеїну в поліпептидному ланцюгу.



До нековалентних зв'язків належать *гідрофобна взаємодія, іонні та водневі зв'язки*. Гідрофобна взаємодія виникає при наближенні гідрофобних вуглеводневих і ароматичних радикалів деяких амінокислот. При такій взаємодії аполярні групи амінокислот, що входять у склад поліпептидного ланцюга ( $-\text{CH}_3$ ,  $\text{C}_2\text{H}_5$ ,  $\text{C}_6\text{H}_5$ ) прагнуть вийти з води у гідрофобну ділянку, і виявляються у внутрішній частині молекули, а гідрофільні розташовуються на поверхні, і контактують з водою.

Водневий зв'язок виникає між ковалентно зв'язаним атомом водню, що має невеликий позитивний заряд, і сусіднім атомом, що має незначний негативний заряд. У білковій молекулі цей зв'язок найчастіше встановлюється між двома пептидними групами ( $-\text{NH}-\text{C}=\text{O}\dots\text{HN}-\text{C}-\text{O}$ ), між карбоксильною і гідроксильною групами ( $-\text{C}=\text{O}\dots\text{HO}-\text{CH}_2\dots$ ).

Іонні або сольові зв'язки виникають між двома протилежно зарядженими полярними групами. У білкових молекулах вони переважно утворюються між дисоційованими вільними карбоксильними групами ( $-\text{COO}^-$ ) глутамінової та аспарагінової кислот і протонованими вільними аміногрупами ( $\text{NH}_3^+$ ) аргініну

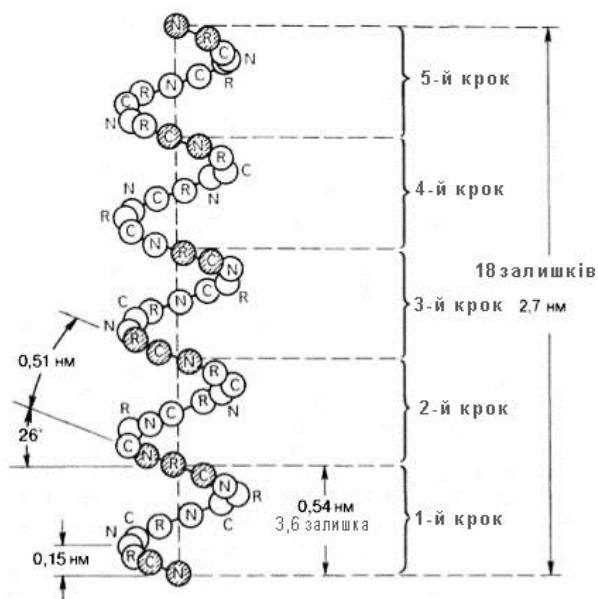
та лізину. Іонні зв'язки міцніші ніж водневі і бувають як у середині одного ланцюга, так і між ланцюгами.

Властивості та біологічна роль білків визначаються набором амінокислот, послідовністю їх розміщення та просторовою структурою білкової молекули. Є первинна, вторинна, третинна і четвертинна структура білкової молекули. *Первинна* структура це певна послідовність амінокислот, зв'язаних пептидним зв'язком, а також їх кількісний і якісний склад. Пептидні зв'язки впливають на форму первинної структури та на вищі рівні організації поліпептидного ланцюга. Вони характеризуються певними особливостями: усі атоми, що входять у пептидну групу знаходяться в одній площині, у пептидній групі атоми кисню та водню завжди знаходяться у трансположенні відносно зв'язку C-N та вони можуть утворювати два водневі зв'язки з іншими групами, зокрема пептидними.

Послідовність розміщення амінокислот генетично закріплена і зумовлює індивідуальну і видову специфічність білка. Розшифровка амінокислотної послідовності має велике значення, бо створює умови для синтезу білка.

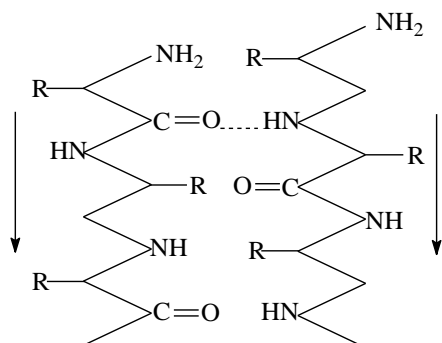
*Вторинна* - просторова впорядкована форма поліпептидного ланцюга. В основі формування вторинної структури лежить здатність атомів пептидних груп білкових молекул утворювати водневі зв'язки з сусідніми групами, з метою забезпечення структурі мінімуму вільної енергії, а також розміщення атомів пептидного зв'язку в одній площині, що робить повороти атомів навколо нього значно сповільненими. Завдяки перерахованим чинникам, пептидний ланцюг набуває певної, а не довільної, впорядкованої конформації. Є три типи вторинної структури:  *$\alpha$ -спіраль*,  *$\beta$ -спіраль (слоїсто-складчаста спіраль)* і *колагенова спіраль*. На основі рентгеноструктурного аналізу доведено, що для глобулярних білків характерною є  *$\alpha$ -спіраль*. Закручування поліпептидного ланцюга відбувається за годинниковою стрілкою. Вона має гвинтоподібну симетрію, вісь спрямована перпендикулярно до завитків спіралі. Ланцюг спіралі стабілізується водневими зв'язками, що утворюється між -CO- і -NH-. На один виток спіралі припадає 3,6 амінокислотних залишків. Один завиток,

або крок спіралі становить 0,54 нм. Період регулярності  $\alpha$ -спіраль становить 5 завитків або 18 амінокислотних залишків.

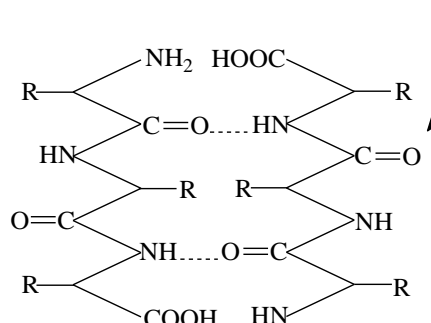


Модель  $\alpha$ -спіралі.

У структурі  $\beta$ -спіралі ланцюги розміщуються паралельно між собою. Шар може складатися з двох і більшої кількості ланцюгів.  $\beta$ -структури утворюються паралельними і антипаралельними ланцюгами.  $\beta$ -структура, яка складається з поліпептидного ланцюга, називається крос- $\beta$ -формою (коротка  $\beta$ -структура).  $\beta$ -складчасті структури утворюють переважно фібрилярні білки ( $\beta$ -каротин, фіброїн). Зокрема,  $\beta$ -каротин характеризується паралельним розміщенням поліпептидних ланцюгів. У фіброїні шовку сусідні поліпептидні ланцюги антипаралельні.



A



B

Схематичне зображення  $\beta$ -структури:

A – паралельні ланцюги; B – антипаралельні ланцюги.

Під впливом певних факторів білки можуть переходити з  $\alpha$ -структур у  $\beta$ -структури і навпаки.

Окремим видом спіралі є колагенова спіраль. Вона побудована з трьох спаралізованих ланцюгів трополагену, що має форму стержня діаметром 1,5 нм і довжиною 300 нм. Спіралізовані ланцюги закручуються один навколо одного і утворюють суперспіраль. Віддаль між двома амінокислотними залишками становить 0,29 нм, на один виток спіралі припадає 3,3 залишки. Утримується така спіраль водневими зв'язками, що виникають між атомами пептидних груп сусідніх поліпептидних ланцюгів. Така структура надає колагену великої міцності та пружності.

*Третинна структура* - це просторова укладка спіралі і лінійних частин білкової молекули в компактну структуру у вигляді глобули або фібрил. У формуванні просторової структури беруть участь водневі, іонні зв'язки, гідрофобні взаємодії та ін. Третина структура забезпечує біологічну активність кожного білка. Порушення її веде до втрати молекулою біологічної активності.



### Третинна структура білкової молекули

Білки, що складаються тільки з одного поліпептидного ланцюга мають тільки третинну структуру. Це ферменти пепсин, трипсин, лізоцим, білок м'язів — міоглобін. Деякі білки складаються з кількох поліпептидних ланцюгів, кожен з яких має третинну структуру, наприклад гемоглобін (основний білок еритроцитів). Про такі білки кажуть, що вони мають четвертинну структуру. *Четвертинна структура* — це об'єднання кількох поліпептидів з третинною

структурою у складну молекулу з біологічною активністю. Субодиниці зв'язані нековалентними зв'язками. Білки з четвертинною структурою називаються олігомерами або мультімерами, їх поліпептидні ланцюги з третинною структурою – *протомерами або субодиницями*.



#### Четвертинна структура білкової молекули

Кількість протомерів може сягати десятки і більше, але здебільшого зустрічаються димери та тетрамери. Серед ферментів з четвертинною структурою багато ферментів: лактатдегідрогеназа, піруватдегідрогеназа та ін.

Всі чотири рівні визначають так звану *нативну (природну)* конформацію кожного білка.

В залежності від третинної структури білки поділяють на *глобулярні і фібрилярні*. Фібрилярні білки це скоротливий або структурний компонент організму. Колаген входить до склау сухожиль, хрящів, шкіри, бере участь в утворенні скелету), альфа-кератин є складовою волосся, шерсті, фіброїн - білок шовку, міозин є скоротливим компонентом м'язів. Це нерозчинні у воді довгі, ниткоподібні молекули. *Глобулярні* білки - розчинні у воді, легко дифундують через мембрани, розчиняються у воді і містяться у рідких середовищах організму. Глобулярними є білки імунної системи крові (антитіла), скоротливий білок м'язів актин, гемоглобін, міоглобін. Глобулярні білки можуть перетворюватись у фібрилярні. При цьому зміна форми зумовлює зміну властивостей, а саме глобулярні білки перетворюючись у фібрилярні стають нерозчинними, погано перетравлюються, ферменти втрачають каталітичну активність.

## **Класифікація білків.**

Всі білки поділяються на дві великі групи: протеїни (прості білки) і протеїди (складні білки). Протеїни складаються тільки з амінокислотних залишків, а протеїди крім білкової частини, містять групи небілкової природи.

*Протеїни поділяються на:*

1. Альбуміни і глобуліни. Це глобулярні білки, які відрізняються між собою молекулярною масою та розчинністю. Молекулярна маса альбумінів становить 15070 дальтон, а глобулінів – перевищує 150 тисяч. Альбуміни мають негативний заряд, кислі властивості. Вони добре розчиняються у воді. Альбумінам притаманна висока адсорбційна здатність, тому вони виконують транспортну функцію: переносять іони металів, жирні кислоти, пігменти. Сюди належать лактоальбумін, міоальбумін. Глобуліни не розчиняються у чистій воді, а тільки у слабких сольових розчинах. Це слабо кислі або нейтральні білки. Сюди належать: фібриноген крові,  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -глобуліни сироватки крові, міозин.
2. Проламіни і глютеліни - рослинні білки, знаходяться переважно у насінні злакових і складають основну масу клейковини.
3. Гістони і протаміни - головні білки ядра клітини. Обидві групи цих білків складаються з діаміномонокарбонових кислот, тому мають основний характер. Гістони – тканинні білки, зв'язані з ДНК. У складі нуклеопротеїдів ядра гістони виконують структурну і регуляторну функції, стабілізуючи структуру ДНК та регулюючи біосинтез білка. Протаміни – білки з низькою молекулярною масою (4000-12000). Вони знаходяться у сперміях і надають більшій компактності ДНК.
4. Склеропропротеїни входять до складу опорних і покривних тканин: кісток (остеїн), хрящів, сухожиль, шкіри (колаген і еластини), волосся (кератин), натурального шовку (фіброїн).

*Протеїди поділяються на:*

1. Металопротеїди- містять крім білкової частини іони металів  
Представником є феритин печінки;
2. Фосфопртеїди - містять залишок фосфорної кислоти. Містяться у молоці, ікрі риб, жовтку курячого яйця (казеїн сиру, іхтулін, вітелін).
3. Глікопротеїди – поділяються на глікопротеїни (містять 4% вуглеводневих компонентів) та протеоглікани (містять 90% вуглеводневих компонентів). Містяться у слизовій шлунка (муцини), хрящовій тканині (мукоїди), сполучній тканині;
4. Ліпопротеїди – їх компонентами є білки і ліпіди. Простетичною групою можуть бути нейтральні жири, жирні кислоти, холестерин, фосфоліпіди. Ці білки є компонентом клітинних мембран;
5. Хромопртеїди – містять різні простетичні групи, що надають білкам забарвлення. У рослинному світі найбільш поширеними є магнійпорфіриновмісні білки, зокрема хлорофіл. У тваринному – залізорпорфіриновмісні. Вони червоного кольору і створюють підгрупу хромопротеїнів, що називаються гемопротеїнами: гемоглобін, міоглобін, цитохроми, каталаза, пероксидаза;
6. Нуклеопртеїди - білки хромосом, рибосом. Вони беруть участь у поділі клітини, синтезі білка, передачі спадкових ознак.

### **Фізико-хімічні властивості білків.**

Основними фізико-хімічними властивостями білків є: велика молекулярна маса, розчинність у воді, електричний заряд, здатність утворювати гелі, денатурація, амфотерність, буферна дія.

Молекулярна маса від 6000 до декількох мільйонів дальтон. Молекулярна маса гемоглобіну становить 64 500, інсуліну – 5733, міозину – 493000. Маса білкових молекул впливає на швидкість їх пересування у біологічних рідинах.

У клітинах білки переміщуються шляхом дифузії, для них характерна низька швидкість дифузії.

Білки розчинні у воді. *Розчинність* здійснюється завдяки здатності більшості білків зв'язувати воду. Розчини білка характеризуються високою в'язкістю. Чим більша концентрація в розчині білка, тим вища в'язкість розчину, бо зростають сили зчеплення між молекулами. Найбільш в'язкими є розчини фібрилярних білків. Підвищення температури зменшує в'язкість, а пониження, навпаки, збільшує. Часткове зневоднення і *охолодження* веде зростання в'язкості білкового розчину, він втрачає текучість і переходить у стан *гелю*. Підвищення температури перетворює гель в стан *золя*. Ці явища взаємно перехідні.

Діючи водовіднімаючими реагентами (спирт, ацетон, солі) можна викликати *коагуляцію* білків. Коагуляція веде до осадження великих білкових агрегатів - *седиментації*.

Білки володіють оптичною активністю, тобто здатністю розсіювати промені світла. Цю властивість білків використовують для їх кількісного визначення методом нефелометрії, порівнюючи інтенсивність світлорозсіювання досліджуваного і стандартного золю. Виступають в якості добрих адсорбентів, тому беруть участь у активному транспорті.

Білки - нестійкі структури. Часто вони зазнають денатурації. *Денатурація* це порушення нативної структури білкової молекули дією різних факторів, що приводить до втрати ними біологічної активності. Факторами, що викликають денатурацію є *нагрівання, зміна рН, ультрафіолет, іонізуюче проміння, механічний вплив важких металів, спиртів, ацетону*. При швидкій ліквідації факторів денатурації і при незначній силі його впливу, білок може повернутися до нативної структури і відновлення його біологічних функцій. Таке явище називається *ренатурацією*.

*Амфотерні* властивості білків проявляються завдяки наявності в них вільних  $-NH_2$  і  $-COOH$  груп. В кислому середовищі вони дисоціюють як основи, а у лужному як кислоти. Білкові молекули мають сумарний заряд у зв'язку з різним якісним амінокислотним складом. Якщо у молекулі білка переважають дикарбонові кислоти, то він проявляє властивості кислоти, якщо



більше амінокислот діамінових, то - основи. При взаємодії з кислотами або солями білки утворюють солеподібні сполуки, здатні випадати в осад. На цьому базується метод виділення білків — осадження шляхом висолювання. Амфотерність білків використовують при розділенні білків на різні фракції (метод електрофорезу) з метою діагностики різних захворювань і контролю за зміною функціональних станів.

*Сумарний заряд* білкової молекули залежить і від рН середовища: у кислому середовищі він позитивний, у лужному негативний. Змінюючи рН можна отримати однакову кількість як позитивних, так і негативних зарядів, тобто нейтралізувати молекулу. Таке значення рН при якому заряд білкової молекули рівний нулю, називається *ізоелектричною точкою*. За таких умов білок втрачає здатність переміщуватись в електричному полі.

### **Біологічна, роль білків**

1. *Структурна* (пластична). Білки є основним компонентом клітинних мембран, структурною основою сполучної тканини (колаген міститься у хрящовій тканині, сухожиллі, еластин - зв'язках, стінках судин, кератин у шкірі, волосі, фіброїн-павутині і шовку).
2. *Каталітична*. Її виконують білки-ферменти, котрі регулюють обмін речовин і енергії в організмі.
3. *Скоротлива*. Всі види скорочень і руху скелетних м'язів, міокарда та інших скоротливих тканин забезпечують скоротливі білки актин, міозин і тропоміозин.
4. *Транспортна*. Білки зв'язують і транспортують з током крові або через мембрани певні молекули або іони. Наприклад гемоглобін транспортує кисень від легенів до тканин і вуглекислий газ від тканин до легенів.
5. *Гормональна* (регуляторна). Високоспеціалізовані білки-гормони регулюють обмін речовин: інсулін, окситоцин, гормон росту (гіпофіз),

6. *Захисна.* Її здійснюють білки імунної системи. Білки плазми крові фібриноген і тромбін беруть участь у процесах згортання крові.
7. *Збереження спадкової інформації.* Білки входять до складу хромосом і беруть участь у відтворенні генетичної інформації.
8. *Рецепторна.* Багато білків є рецепторами гормонів та нейромедіаторів.
9. *Перетворення енергії* - хімічну в механічну у м'язах, світлову в електричну білками сітківки ока.
10. *Енергетична.* Біля 10 -15% потреб в енергії забезпечується білками. При окисненні 1г білка виділяється 17 кДж (4,1 ккал) енергії.

### **Нуклеїнові кислоти.**

#### **Хімічний склад нуклеїнових кислот.**

Нуклеїнові кислоти - високомолекулярні сполуки, що складаються з великої кількості зв'язаних між собою нуклеотидів. Це полімери нуклеотидів, подібно до глікогену, який є полімером глюкози. При повному гідролізі нуклеїнових кислот утворюються *азотисті основи і вуглеводи, молекули фосфорної кислоти.*

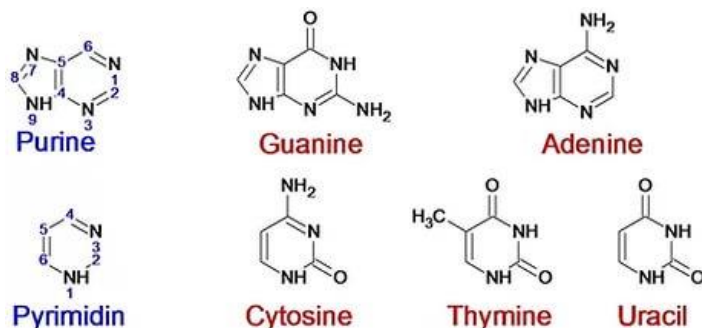
Азотисті основи нуклеїнових кислот є похідними гетероциклічної азотовмісної сполуки пурину (пуринові основи) та піримідину (піримідинові основи).

Нуклеїнові кислоти виконують важливі біологічні функції: за їх участю забезпечується збереження і передача спадкової інформації шляхом контролю синтезу білка.

Азотисті основи - похідні гетероциклічної сполуки - *пурину* (пуринові) і *піримідину* (піримідинові). Основними піримідиновими нуклеотидами є: *аденін* (А) (6-амінопурин) і *гуанін* (Г) (2-аміно-6-оксипурин). З пуринових: *цитозин* (Ц) (2-окси-6-амінопіримідин), *тимін* (Т) (2,6-диокси-5-метилпіримідин),

урацил (У) 2,6-диоксипіримідин). Їх молекули відрізняються наявністю певних функціональних груп:  $-NH_2$ ,  $-OH$ ,  $-CH_3$ ,

З п'яти азотистих основ кожна нуклеїнова кислота включає тільки 4-2 пуринові і 2 піримідинові основи.

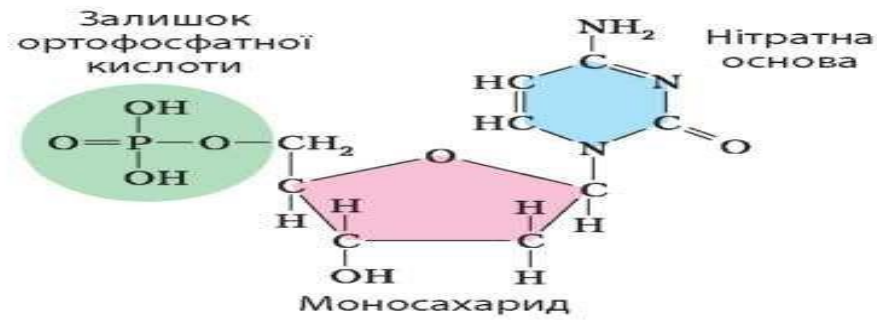


Вуглеводневою складовою нуклеїнових кислот є моносахариди пентози - *рибоза* і *дезоксирибоза*.

*Фосфорна кислота* є у всіх нуклеїнових кислотах. Найчастіше вона з'єднана з вуглеводневим компонентом по місцю гідроксильної групи п'ятого атома вуглецю рибози або дезоксирибози.

Структурною одиницею нуклеїнових кислот є *нуклеотид*. Нуклеотид складається з пуринової або піримідинової азотистої основи, зв'язаної з вуглеводом і фосфорної кислоти.

Азотиста основа зв'язана з вуглеводом утворює *нуклеозид*. Його назва походить від азотистої основи, наприклад, сполука аденіну з рибозою називається аденозином. Таким чином, нуклеотид - це нуклеозид, зв'язаний з фосфорною кислотою.



Нуклеотиди, що містять вуглевод рибозу, називаються рибонуклеотидами, а дезоксирибозу – дезоксирибонуклеотидами. До складу молекул нуклеїнових кислот входить 70-5-50 тис. нуклеотидів.

В залежності від кількості атомів фосфорної кислоти у нуклеотиді виділяють нуклеотидмонофосфати, нуклеотиддифосфати, нуклеотидтрифосфати. Назва нуклеотидів походить від назви азотистої основи, яка входить до його складу. Основними нуклеотидами – похідними пуринових основ є аденозин-5-монофосфат (АРФ або аденілат) і гуанозин-5-монофосфат (ГПФ або гуанілат). З них утворюються нуклеотиддифосфати та нуклеотидтрифосфати (АТФ, ГТФ, АДФ, ГДФ). Основними нуклеотидами – похідними піримідинових основ є цитидин-5-монофосфат (ЦМФ або цитидилат), уродин-5-монофосфат або уридилат), тимідин-5-монофосфат (ТМФ або тимідилат). У хімічних зв'язках молекул нуклеозидтрифосфатів між останнім та передостаннім залишками фосфорної кислоти міститься багато енергії. Такі зв'язки називаються *макроергічними*, а нуклеозидтрифосфати – *макроергами*.

З АТФ та інших нуклеотидів під дією специфічних ферментів – циклаз утворюються циклічні нуклеотиди. Прикладом є циклічний аденозинмонофосфат (цАМФ), синтез якого відбувається при дії ферменту – аденілатциклази:

Циклічним нуклеотидам належить головна роль у гормональній регуляції внутрішньоклітинних процесів у різних тканинах як вторинних передатчиків дії гормонів.

Нуклеотиди використовуються не тільки для побудови нуклеїнових кислот, але й виконують важливу роль в обміні речовин та енергії у різних органах і тканинах. Зокрема, окремі нуклеотиди входять до складу трьох основних коферментів НАД, ФАД, КоА-SH. АТФ та АДФ є універсальним джерелом енергії в організмі.

### **Структура нуклеїнових кислот.**

Є два типи нуклеїнових кислот: *РНК* та *ДНК*. Відрізняються вони за будовою, хімічним складом, молекулярною масою і виконуваними функціями. Назва нуклеїнової кислоти походить від назви вуглевода: якщо до складу нуклеїнової кислоти входить рибоза. То вона називається рибонуклеїновою кислотою (РНК), якщо дезоксирибоза – то нуклеїнова кислота називається дезоксирибонуклеїновою кислотою (ДНК).

### **Структура, властивості, біологічна роль ДНК.**

Молекула ДНК має велику молекулярну масу, так як складається з 50 тисяч і більше нуклеотидів. Нуклеотиди в молекулі нуклеїнової кислоти зв'язуються 3,5-фосфодіефірними зв'язками, утворюючи полінуклеотидний ланцюг.

Молекула ДНК - це дві нитки, збудовані за принципом комплементарності. Вони несуть два “тексти”, але заключена в них інформація одна і та ж, бо кожному нуклеотиду одної нитки відповідає лише один певний нуклеотид другої, тобто тексти відповідають один одному. В цьому полягає принцип компліментарності, який означає, що проти А стоїть тільки Т, а проти Г - тільки - Ц. Нуклеотидний текст- це два комплементарні рядочки, кожен з яких може зчитуватись копіюючим ферментом тільки в одному напрямку.

Нуклеотидний склад різних видів організмів може змінюватись в залежності від суми комплементарних азотистих основ. Є ДНК А-Т типу або Г-Ц типу. Нуклеотиди в полімерному ланцюгу молекули ДНК розміщуються в

строго визначеній послідовності, яка є характерна для кожного виду організму. Так розміщення нуклеотидів називається *первинною структурою*.

**Вторинна структура** ДНК (модель Уотсона і Кріка), являє собою подвійну спіраль, яка нагадує сходи. Де перилами є вуглеводи і фосфорна к-та, а сходками - азотисті основи, що зв'язані водневими зв'язками. Послідовність азотистих основ одного ланцюга повністю комплементарна азотистим основам іншого ланцюга. Кожна пара основ віддалена одна від одної на 3.4 нм, що відповідає одному витку спіралі з 10 нуклеотидів. Це крок спіралі.

Схема будови ДНК: два полінуклеотидні ланцюги, з'єднані водневими зв'язками між комплементарними парами пуринових і піримідинових основ.

Деякі ДНК формують суперспіраль (третинну структуру) завдяки білкам, котрі входять до нуклеопротейнового комплексу хромосом (ДНК в хромосомах). Суперспіраль забезпечує економну упаковку великої молекули ДНК. Так, у хромосомі людини молекула ДНК ущільнена на стільки, що її довжина вкладається у 5 нм, хоча правдива довжини сягає 8 см.

ДНК може розкручуватись, завдяки розриву водневих зв'язків і самоподвоюватись. Самовідновлення молекули ДНК називається *реплікацією*. Воно забезпечує точне відновлення генетичної інформації у вигляді комплементарного ланцюга ДНК і передачу її наступному поколінню в процесі поділу клітини. Нитки ДНК розходяться повністю або на певних ділянках, а на них, як на матриці, проходить синтез комплементарної ланки нової молекули ДНК. Для реплікації в клітинах необхідні, крім матриці, дезоксинуклеотидтрифосфати (АТФ, ГТФ, ЦТФ, ТТФ) і специфічні ферменти реплікаційної системи - ДНК-полімерази. Властивості ДНК залежать не тільки від нуклеотидного складу, а й від специфічної послідовності нуклеотидів, що визначає структуру *генома*, тобто всю кількість ДНК в клітині, що несе генетичну інформацію про організм.

Всі ознаки організму проявляються через властивості білків, які у ньому синтезуються. Склад і структура кожного білка закодована у певних ділянках ДНК, котрі називаються генами. Отже *ген* – це ділянка ДНК, на якій закодована амінокислотна послідовність, характерна для кожного конкретного білка. Ген – це функціональна одиниця спадковості і визначає ту чи іншу ознаку організму, тому інформація, що міститься в ДНК, називається *генетичною*. Не вся ДНК несе генетичну інформацію. У вищих організмів лише 2% ДНК є носієм генетичної інформації, а більша її частина виконує різні регуляторні функції. Кількість ДНК, котрі несуть генетичну інформацію даного організму називаються *геномом*. *Структуру геному* визначає специфічність послідовності нуклеотидів у ДНК. Таким чином, головна функція ДНК це передача спадкової або генетичної інформації.

Передача генетичної інформації здійснюється генетичним кодом. Місце включення кожної амінокислоти синтезуючого білка закодовано у вигляді певної послідовності нуклеотидів у ДНК.

*Генетичний код* це певна послідовність азотистих основ нуклеотидів даного гена, що відповідає послідовності амінокислот у білку. Кожна амінокислота кодується трьома азотистими основами, що розміщені у певній послідовності - триплетом, який називається *кодоном*. Більшість амінокислот, крім триптофану, можуть кодуватися кількома кодонами.

Кількісний вміст і локалізація ДНК в клітині залежать від функцій. Найбільше її в сперматозоїдах (60% сухої маси), в інших клітинах - 1-10%, у м'язах – до 0,2%. У клітині ДНК локалізована в ядрі, де зв'язана з білками і хромосомами. 1-3% ДНК локалізовано у мітохондріях. Ці ДНК відрізняються від ядерної складом та молекулярною масою. Мітохондріальна ДНК не зв'язана з білками, містить 15 генів, що зумовлюють цитоплазматичну спадковість. У ній кодуються деякі типи мітохондріальних РНК і поліпептидів.

**Структура, властивості і біологічна роль РНК.** *РНК* - це полінуклеотидні ланцюги з невеликою молекулярною масою, їх вуглеводневим компонентом є рибоза. З азотистих основ у склад РНК входять аденін, гуанін,

цитозин, урацил. РНК людини складається з одного полінуклеотидного ланцюга з окремими спіралізованими ділянками. Дволанцюгові молекули РНК є лише у вірусів.

*Первинну структуру РНК* становить певна послідовність нуклеотидів у полінуклеотидному ланцюгу. Зв'язуються нуклеотиди через залишок фосфорної кислоти. Різні види РНК відрізняються складом нуклеотидів, їх кількістю та послідовністю розміщення.

*Вторинна структура* - більш компактне розміщення молекули, що веде до утворення додаткових складок і утворення *третинної структури*. Вторинна структура транспортної РНК нагадує листок конюшини (модель Холлі).

У клітині є три види РНК. Вони відрізняються локалізацією, нуклеотидним складом, функціями: транспортна, інформаційна, рибосомальна. Тимін в РНК замінений на урацил.

*Транспортна РНК* (тРНК) складає 20% всієї РНК клітини, містить до 90 нуклеотидів і молекулярну масу 20-30 тисяч. Вона знаходиться в цитоплазмі і здійснює транспорт амінокислот до рибосом, де проходить синтез білка. Кожній з 20 амінокислот відповідає декілька тРНК. тРНК має форму конюшини і взаємодіє не тільки з амінокислотами, а й з білками-ферментами та іРНК на рибосомах. На одному кінці молекули тРНК є однакова для всіх тРНК ділянка *ЦЦА-ОН*, куди приєднуються амінокислоти. На протилежному кінці є *антикодон*, комплементарний триплету (кодону) іРНК. Через антикодон тРНК “пізнає” своє місце приєднання амінокислоти до синтезуючого білка.

*Інформаційна або матрична РНК* (іРНК або мРНК) – складає 5% всієї клітинної РНК. Містить до 6000 нуклеотидів і має молекулярну масу від 500тисяч до 2 млн. Швидко синтезується і розпадається. Синтезується іРНК на ділянці молекули ДНК - гені і переносить інформацію про послідовність амінокислот в білку від молекули ДНК з ядра до місць їх синтезу - рибосом.



*Рибосомальна або структурна РНК* (рРНК, сРНК). Складає 80% усієї РНК клітини, має молекулярну масу 0,5-2 млн (найбільша молекулярна маса). Утворює структуру рибосом з відповідними білками і активує процес синтезу білка. У клітині РНК є в 10 разів більше, ніж ДНК.

Нуклеїнові кислоти забезпечують збереження та передачу спадкової інформації шляхом програмування синтезу всіх клітинних білків. Структурні компоненти нуклеїнових кислот виконують функції кофакторів, алостеричне фекторів, входять до складу коферментів, беручи безпосередню участь в обміні речовин, акумулюванні, перенесенні та трансформації енергії.

<b>ДНК</b>		<b>РНК</b>
Аденін	—	Урацил
Гуанін	—	Цитозин
Тимін	—	Аденін
Цитозин	—	Гуанін