Лекція 2

**Тема 2. Білки, їх біологічна роль.**

1. Білки, їх біологічна роль.
2. Амінокислоти, їх фізико-хімічні властивості та класифікація.
3. Спосіб зв`язку амінокислот у білках.
4. Фізико-хімічні властивості білків.
5. **Білки, їх біологічна роль.**

**Білки́** — складні високомолекулярні природні [органічні речовини](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D1%80%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D1%96%D1%87%D0%BD%D1%96_%D1%80%D0%B5%D1%87%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D0%B8), що складаються з [амінокислот](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BC%D1%96%D0%BD%D0%BE%D0%BA%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%B8), сполучених [пептидними зв'язками](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D0%BF%D1%82%D0%B8%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B7%D0%B2%27%D1%8F%D0%B7%D0%BE%D0%BA).

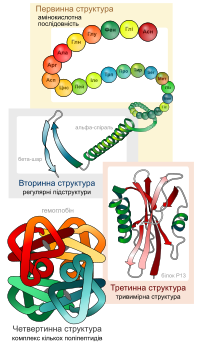
Зазвичай білки є лінійними [полімерами](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D1%96%D0%BC%D0%B5%D1%80) — поліпептидами, хоча інколи мають складнішу структуру. Невеликі білкові молекули, тобто олігомери поліпептидів, називаються [пептидами](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D0%BF%D1%82%D0%B8%D0%B4%D0%B8). Послідовність амінокислот у конкретному білку визначається відповідним [геном](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BD) і зашифрована [генетичним кодом](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BA%D0%BE%D0%B4). Хоча генетичний код більшості організмів визначає лише 20 «стандартних» амінокислот, їхнє комбінування уможливлює створення великого різноманіття білків із різними властивостями. Крім того, амінокислоти у складі білка часто піддаються [посттрансляційним модифікаціям](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BB%D1%8F%D1%86%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%B0_%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D1%84%D1%96%D0%BA%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F), які можуть виникати і до того, як білок починає виконувати свою функцію, і під час його «роботи» в [клітині](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BB%D1%96%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B0_(%D0%B1%D1%96%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%8F)). Для досягнення певної функції білки можуть діяти спільно, і часто зв'язуються, формуючи великі стабілізовані [комплекси](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D1%96%D0%BB%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9_%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%81) (наприклад, [фотосинтетичний комплекс](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%81%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%B7)).

Функції білків в клітині різноманітніші, ніж функції інших [біополімерів](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D1%96%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%96%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B8) — [полісахаридів](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D1%96%D1%81%D0%B0%D1%85%D0%B0%D1%80%D0%B8%D0%B4) і [нуклеїнових кислот](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D1%83%D0%BA%D0%BB%D0%B5%D1%97%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D1%96_%D0%BA%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%B8). Так, білки-[ферменти](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B8) [каталізують](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B7) протікання біохімічних реакцій і грають важливу роль в [обміні речовин](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B1%D0%BC%D1%96%D0%BD_%D1%80%D0%B5%D1%87%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%BD). Деякі білки виконують структурну або механічну функцію, утворюючи [цитоскелет](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%B8%D1%82%D0%BE%D1%81%D0%BA%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D1%82), що є важливим засобом підтримки форми клітин. Також білки грають важливу роль в [сигнальних системах клітин](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D0%B3%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%96_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B8_%D0%BA%D0%BB%D1%96%D1%82%D0%B8%D0%BD), [клітинній адгезії](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B4%D0%B3%D0%B5%D0%B7%D1%96%D1%8F_%D0%BA%D0%BB%D1%96%D1%82%D0%B8%D0%BD), [імунній відповіді](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%86%D0%BC%D1%83%D0%BD%D1%96%D1%82%D0%B5%D1%82) і [клітинному циклі](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BB%D1%96%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D1%86%D0%B8%D0%BA%D0%BB" \o "Клітинний цикл).

Білки — важлива частина харчування тварин і людини, оскільки ці організми не можуть синтезувати повний набір амінокислот і повинні отримувати частину з них із білковою їжею. У процесі [травлення](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F_(%D0%B1%D1%96%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%8F)) [протеолітичні](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%BE%D0%BB%D1%96%D0%B7) ферменти руйнують спожиті білки, розкладаючи їх до рівня амінокислот, які використовуються при [біосинтезі білків](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D1%96%D0%BE%D1%81%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%B7_%D0%B1%D1%96%D0%BB%D0%BA%D1%96%D0%B2) організму або піддаються подальшому розпаду для отримання [енергії](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D1%96%D1%8F).

Білки були вперше описані [шведським](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D0%B2%D0%B5%D1%86%D1%96%D1%8F) хіміком [Єнсом Якобом Берцеліусом](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%84%D0%BD%D1%81_%D0%AF%D0%BA%D0%BE%D0%B1_%D0%91%D0%B5%D1%80%D1%86%D0%B5%D0%BB%D1%96%D1%83%D1%81) в [1838](https://uk.wikipedia.org/wiki/1838) році, який і дав їм назву *протеїни*, від [грец.](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%80%D0%B5%D1%86%D1%8C%D0%BA%D0%B0_%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D0%B0) πρώτα — «першорядної важливості». Проте їхня центральна роль в життєдіяльності всіх живих організмів була виявлена лише у [1926](https://uk.wikipedia.org/wiki/1926) році, коли [Джеймс Самнер](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B6%D0%B5%D0%B9%D0%BC%D1%81_%D0%A1%D0%B0%D0%BC%D0%BD%D0%B5%D1%80) показав, що фермент [уреаза](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D1%80%D0%B5%D0%B0%D0%B7%D0%B0) також є білком[[1]](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D1%96%D0%BB%D0%BA%D0%B8#cite_note-1). [Секвенування](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D0%BA%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D0%B1%D1%96%D0%BB%D0%BA%D1%96%D0%B2" \o "Секвенування білків) першого білка — [інсуліну](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%86%D0%BD%D1%81%D1%83%D0%BB%D1%96%D0%BD), тобто визначення його [амінокислотної послідовності](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D0%BF%D1%82%D0%B8%D0%B4%D0%BD%D0%B0_%D0%BF%D0%BE%D1%81%D0%BB%D1%96%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C), принесло [Фредерику Сенгеру](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%BA_%D0%A1%D0%B5%D0%BD%D0%B3%D0%B5%D1%80) [Нобелівську премію з хімії](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D0%BB%D1%96%D0%B2%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0_%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%BC%D1%96%D1%8F_%D0%B7_%D1%85%D1%96%D0%BC%D1%96%D1%97) 1958 року. Перші тривимірні [структури](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0_%D0%B1%D1%96%D0%BB%D0%BA%D1%96%D0%B2) білків [гемоглобіну](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BC%D0%BE%D0%B3%D0%BB%D0%BE%D0%B1%D1%96%D0%BD) і [міоглобіну](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D1%96%D0%BE%D0%B3%D0%BB%D0%BE%D0%B1%D1%96%D0%BD) були отримані за допомогою [рентгеноструктурного аналізу](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B7), за що автори методу, [Макс Перуц](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%BA%D1%81_%D0%A4%D0%B5%D1%80%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BD%D0%B4_%D0%9F%D0%B5%D1%80%D1%83%D1%86) і [Джон Кендрю](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B6%D0%BE%D0%BD_%D0%9A%D0%B5%D0%BD%D0%B4%D1%80%D1%8E), отримали Нобелівську премію з хімії 1962 року.

**Рівні структури білків**

[](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Main_protein_structure_levels_uk.svg)

Основні рівні структурної організації білків

Окрім послідовності амінокислот поліпептиду (первинної структури), для функціонування білків украй важлива тривимірна структура, яка формується в процесі [згортання білків](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B3%D0%BE%D1%80%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D0%B1%D1%96%D0%BB%D0%BA%D1%96%D0%B2) (або фолдинга, від [англ.](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D1%96%D0%B9%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0_%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D0%B0) *folding*). Ця структура утримується в результаті взаємодії структур нижчих рівнів. Тривимірна структура білків за нормальних природних умов називається [нативним станом](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD) білка. Хоча чимало білків здатні згортатися та приймати нативний стан самостійно, завдяки властивостям свого поліпептидного ланцюжка, інші вимагають допомоги інших білків, [молекулярних шаперонів](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D0%B0%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8).

1. **Амінокислоти, їх фізико-хімічні властивості та класифікація.**

**Амі́нокисло́ти** — [органічні сполуки](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D1%80%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D1%96%D1%87%D0%BD%D1%96_%D1%81%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%83%D0%BA%D0%B8), які одночасно містять у своєму складі [аміно-](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BC%D1%96%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D1%80%D1%83%D0%BF%D0%B0) (- NH2) та [карбоксильну](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D1%80%D0%B1%D0%BE%D0%BA%D1%81%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0_%D0%B3%D1%80%D1%83%D0%BF%D0%B0) (- СООН) групи. Амінокислоти є [мономерними](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%80) одиницями [білків](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D1%96%D0%BB%D0%BA%D0%B8), у складі яких залишки амінокислот з'єднані [пептидними зв'язками](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D0%BF%D1%82%D0%B8%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B7%D0%B2%27%D1%8F%D0%B7%D0%BE%D0%BA). Більшість білків побудовані із комбінації дев'ятнадцяти «первинних» амінокислот, тобто таких, що містять первинну аміногрупу, і однієї «вторинної» амінокислоти або [імідокислоти](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%86%D0%BC%D1%96%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%B8) (містить вторинну аміногрупу) [проліну](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%BB%D1%96%D0%BD), що кодуються [генетичним кодом](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BA%D0%BE%D0%B4). Їх називають стандартними або протеїногенними амінокислотами. Крім стандартних в живих організмах зустрічаються інші амінокислоти, які можуть входити до складу білків або виконувати інші функції.

У залежності від того, до якого атому [вуглецю](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D1%83%D0%B3%D0%BB%D0%B5%D1%86%D1%8C) приєднана аміногрупа, амінокислоти поділяються на α-, β-, γ- і тощо. α-атомом вважається той атом карбону, до якого приєднана карбоксильна група, якщо біля нього ж розташована й аміногрупа, така амінокислота називається α-амінокислотою. Якщо аміногрупа приєднана до наступного (β) атома карбону, це буде β-амінокислота і так далі. Всі протеїногенні амінокислоти є α-амінокислотами.

Кожна із двадцяти стандартних, і багато нестандартних, амінокислот мають тривіальні назви. Частина цих назв пов'язана із джерелами, з яких вперше було виділено сполуку: наприклад, [аспарагін](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%81%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%B3%D1%96%D0%BD) виділений зі спаржі ([лат.](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BD%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0_%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D0%B0) *Asparagus*), [глутамін](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%BB%D1%83%D1%82%D0%B0%D0%BC%D1%96%D0%BD) — з [глютену](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%BB%D1%8E%D1%82%D0%B5%D0%BD) пшениці, [тирозин](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%B8%D0%BD) — із сиру (сир грецькою *tyros*). Для скороченого запису протеїногенні амінокислоти позначають трибуквеним кодом, використовуючи перші три літери тривіальної назви (за винятком аспарагіну (Асн), [глутаміну](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%BB%D1%83%D1%82%D0%B0%D0%BC%D1%96%D0%BD) (Глн), [ізолейцину](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%86%D0%B7%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%B9%D1%86%D0%B8%D0%BD) (Іле) і [триптофану](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%B8%D0%BF%D1%82%D0%BE%D1%84%D0%B0%D0%BD) (Трп), для останнього використовують також скорочення Три). Інколи також використовують позначення Asx і Glx, що означають [«аспарагінова кислота](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%81%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%B3%D1%96%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D0%BA%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%B0) або аспарагін» і [«глутамінова кислота](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%BB%D1%83%D1%82%D0%B0%D0%BC%D1%96%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D0%BA%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%B0) або глутамін». Існування таких позначень пояснюється тим, що під час [гідролізу](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%96%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%BB%D1%96%D0%B7) пептидів у лужних або кислих середовищах аспарагін і глутамін дуже легко перетворюються у відповідні кислоти, через що часто неможливо точно визначити, яка саме амінокислота була у складі пептиду без застосування особливих підходів.

Властивості амінокислотних залишків у складі білків є вирішальними для структури і функціонування останніх. Зокрема амінокислоти суттєво відрізняються за полярністю бічних ланцюгів, а отже і особливостями взаємодії із молекулами води. На основі цих відмінностей протеїногенні амінокислоти поділяють на чотири групи:

1. амінокислоти із неполярними бічними ланцюгами,
2. амінокислоти із полярними незарядженими бічними ланцюгами (інколи розділяють на амінокислоти із неполярними аліфатичними та неполярними циклічними бічними ланцюгами),
3. амінокислоти із позитивно зарядженими бічними ланцюгами,
4. амінокислоти із негативно зарядженими бічними ланцюгами (інколи останні дві групи об'єднують в одну).
5. **Спосіб зв`язку амінокислот у білках.**

### Первинна структура

* [Первинна структура](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B0_%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0) — [пептидна або амінокислотна послідовність](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D0%BF%D1%82%D0%B8%D0%B4%D0%BD%D0%B0_%D0%BF%D0%BE%D1%81%D0%BB%D1%96%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C), тобто послідовність амінокислотних залишків в [пептидному](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D0%BF%D1%82%D0%B8%D0%B4) ланцюжку. В основі утворення первинної структури лежать пептидні зв'язки. До складу білка входять як кислі, так і лужні амінокислоти, тому будь-який білок має амфотерні властивості. Саме первинна структура кодується відповідним геном і у найбільшій мірі визначає властивості готового білка.

### Вторинна структура

* Вторинна структура характеризує просторову форму білкової молекули, яка найчастіше повністю або частково закручується у спіраль. Амінокислотні радикали (R-групи) залишаються при цьому ззовні спіралі. У стабілізації вторинної структури важливу роль відіграють водневі зв'язки, які виникають між атомами водню NH-групи одного завитка спіралі та кисню CO-групи іншого й спрямовані вздовж спіралі. Хоча ці зв'язки значно слабші за пептидні, однак разом вони формують досить міцну структуру.

#### Елементи вторинної структури

Найпоширеніші типи вторинної структури білків включають [α-спіралі](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BB%D1%8C%D1%84%D0%B0-%D1%81%D0%BF%D1%96%D1%80%D0%B0%D0%BB%D1%8C) та [β-листи](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B5%D1%82%D0%B0-%D0%BB%D0%B8%D1%81%D1%82)[[1]](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0_%D0%B1%D1%96%D0%BB%D0%BA%D1%96%D0%B2#cite_note-Branden-1):

* [α-спіралі](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BB%D1%8C%D1%84%D0%B0-%D1%81%D0%BF%D1%96%D1%80%D0%B0%D0%BB%D1%8C) — щільні витки навколо довгої осі структури, один виток становлять 4 амінокислотних залишки, спіраль стабілізована водневими зв'язками між атомами H і O пептидних груп, віддалених одна від одної на 4 ланки. Спіраль може бути як лівозакрученою, так і правозакрученою, хоча зазвичай переважає правозакручена. Спіраль порушують електростатичні взаємодії [глутамінової кислоти](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%BB%D1%83%D1%82%D0%B0%D0%BC%D1%96%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D0%BA%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%B0), [лізину](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D1%96%D0%B7%D0%B8%D0%BD), [аргініну](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%80%D0%B3%D1%96%D0%BD%D1%96%D0%BD), розташовані поруч [аспарагін](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%81%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%B3%D1%96%D0%BD), [серин](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%BD), [треонін](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%B5%D0%BE%D0%BD%D1%96%D0%BD) і [лейцин](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B5%D0%B9%D1%86%D0%B8%D0%BD) можуть [стерично](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BE%D1%85%D1%96%D0%BC%D1%96%D1%8F) заважати утворенню спіралі, [пролін](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%BB%D1%96%D0%BD) викликає вигин ланцюга і також порушує спіраль.
* [β-листи](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B5%D1%82%D0%B0-%D0%BB%D0%B8%D1%81%D1%82) (складчасті шари) — декілька зигзагоподібних поліпептідних ланцюжків, в яких водневі зв'язки утворюються між відносно віддаленими ділянками ланцюжка або між різними ланцюжками, а не між близько розташованими амінокислотами, як це має місце в α-спіралі. Ці ланцюжки зазвичай направлені N-кінцями в різні боки (антипаралельна орієнтація). Для утворення листів важливі невеликі розміри R-груп амінокислот, у цих структурах зазвичай переважають [гліцин](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%BB%D1%96%D1%86%D0%B8%D0%BD) і [аланін](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D1%96%D0%BD).
* [π-спіралі](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%96-%D1%81%D0%BF%D1%96%D1%80%D0%B0%D0%BB%D1%8C);
* {\displaystyle 3\_{10}}-спіралі;
* невпорядковані фрагменти.

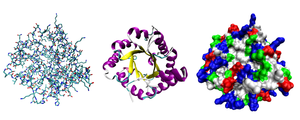
#### Номенклатура DSSP

Для опису вторинної структури часто використовується номенклатура DSSP, що описує окремі елементи цієї структури за допомогою однобуквеного коду. DSSP — акронім «Словника вторинної структури білків» ([англ.](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D1%96%D0%B9%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0_%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D0%B0) *Dictionary of Protein Secondary Structure*), який був заголовком статті, що ввела ці позначення, і фактично є списком елементів вторинної структури білків з відомою тривимірною структурою (Kabsch і Sander 1983).

* G = 3-амінокислотна спіраль ([310-спіраль](https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=3-10-%D1%81%D0%BF%D1%96%D1%80%D0%B0%D0%BB%D1%8C&action=edit&redlink=1)). Мінімальна довжина 3 амінокислоти.
* H = 4-амінокислотна спіраль ([альфа-спіраль](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BB%D1%8C%D1%84%D0%B0-%D1%81%D0%BF%D1%96%D1%80%D0%B0%D0%BB%D1%8C)). Мінімальна довжина 4 амінокислоти.
* I = 5-амінокислотна спіраль ([пі-спіраль](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%96-%D1%81%D0%BF%D1%96%D1%80%D0%B0%D0%BB%D1%8C)). Мінімальна довжина 5 амінокислот.
* T = поворот, стабілізований водневими зв'язками (3, 4 або 5 амінокислот)
* E = [бета-лист](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B5%D1%82%D0%B0-%D0%BB%D0%B8%D1%81%D1%82) в паралельній або антипаралельній конфігурації. Мінімальна довжина 2 амінокислоти.
* B = амінокислота в ізольованому бета-містку (формація з одної пари водневих зв'язків бета-листа)
* S = поворот (єдина нестабілізована водневими зв'язками структура в списку)

У DSSP амінокислотні залишки, які входять до одної з наведених структур, позначаються як " " (пробіл), або іноді позначається як C (кільце) або L (петля). Спіралі (G, H і я) і листові структури — всі повинні мати розумну довжину. Це означає, що два сусідні залишки в первинній структурі повинні сформувати той же тип водневого зв'язку. Якщо спіралі або стабілізований водневими зв'язками лист дуже короткі, вони позначаються як T або B відповідно. Існують й інші категорії елементів вторинної структури (круті повороти, омега-петлі тощо), але вони використовуються відносно рідко.

### Третинна структура

[](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Proteinviews-1tim.png)

Структура Білків — приклади зображення тривимірної структури білків або їхніх фрагментів. Ліворуч — «паличкова» модель, із зображенням всіх атомів і зв'язків між ними. Кольрами позначені різні атоми. В середині — зображення елементів вторинної структури — α-спіралей і β-листів. Кольорами позначені типи елементів. Праворуч — контактна поверхня білка, на підставі [Ван-дер-Ваальсівських](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D1%96%D0%B2%D0%BD%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D0%B2%D0%B0%D0%BD_%D0%B4%D0%B5%D1%80_%D0%92%D0%B0%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D1%81%D0%B0) радіусів атомів. Кольорами позначені електростатичні властивості поверхні.

[Третинна структура](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B0_%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0_%D0%B1%D1%96%D0%BB%D0%BA%D1%96%D0%B2) — повна просторова будова єдиної білкової молекули, просторове взаємовідношення вторинних структур одна до одної. Третинна структура загалом стабілізується нелокальними взаємодіями, звичайніше всього формуванням [гідрофобного ядра](https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%93%D1%96%D0%B4%D1%80%D0%BE%D1%84%D0%BE%D0%B1%D0%BD%D0%B5_%D1%8F%D0%B4%D1%80%D0%BE&action=edit&redlink=1), але також через утворення водневих зв'язків, [сольових містків](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9_%D0%BC%D1%96%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%BA), інших типів [іонних взаємодій](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%86%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0_%D0%B2%D0%B7%D0%B0%D1%94%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D1%96%D1%8F), [дисульфідних зв'язків](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D1%81%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%84%D1%96%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B7%D0%B2%27%D1%8F%D0%B7%D0%BE%D0%BA) між залишками [цистеїну](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D1%97%D0%BD).

#### «Надвторинна» структура

Більшість білків організовані на кількох проміжних рівнях між основними елементами вторинної структури та повною структурою поліпептидного ланцюжка. Цю організацію часто називають «надвторинною» структурою, а її елементи — [структурними мотивами](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BC%D0%BE%D1%82%D0%B8%D0%B2) та [доменами](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D1%96%D0%BB%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9_%D0%B4%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D0%BD).

[Структурний мотив](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BC%D0%BE%D1%82%D0%B8%D0%B2) визначається як елемент структури, що зустрічається в різних білках і пов'язаний з виконанням подібної дії. Зазвичай (але не завжди) це означає невелику специфічну комбінацію елементів вторинної структури, наприклад [спіраль-поворот-спіраль](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D1%96%D1%80%D0%B0%D0%BB%D1%8C-%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%82-%D1%81%D0%BF%D1%96%D1%80%D0%B0%D0%BB%D1%8C) має три таких елементи. Хоча просторова послідовність елементів однакова у всіх зразках мотиву, вони можуть кодуються в будь-якому порядку в межах [нуклеотидної послідовності](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D1%83%D0%BA%D0%BB%D0%B5%D0%BE%D1%82%D0%B8%D0%B4%D0%BD%D0%B0_%D0%BF%D0%BE%D1%81%D0%BB%D1%96%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C) [гену](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BD). Структурні мотиви часто включають петлі змінної довжини і невизначеної структури, які і створюють необхідні з'єднання, сполучаючи в просторі елементи, що не кодуються безпосередньо один за одним. Навіть коли два гени кодують елементи вторинної структури мотиву в тому ж порядку, вони можуть мати різні амінокислотні послідовності. Це вірно не тільки через складний зв'язок між первинною та вторинною та третинною структурами, але й через різні розміри мотивів в складі різних білків. Схожі структурні мотиви зазвичай виконують схожі функції, завдяки чому за ними можна передбачити функцію невідомого білка. Хоча структурні мотиви можуть бути [аналогічними](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%8F_(%D0%B1%D1%96%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%8F)), частіше за все вони зберігаються в процесі [еволюції](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D1%8E%D1%86%D1%96%D1%8F) видів.

[Домен](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D1%96%D0%BB%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9_%D0%B4%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D0%BD) — дещо більший елемент структури білка, що самостійно стабілізується і зазвичай згортається незалежно від решти частин поліпептидного ланцюжка, і що часто виконують окрему функцію. Багато доменів не унікальні до одного типу білків або навіть білкового сімейства, але зустрічаються в різноманітності білків. Домени часто називаються і визначаються згідно з функцією, яку вони виконують, та назвою білка, де вони знайдені, наприклад, «кальцій-зв'язуючий домен [кальмодуліну»](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BB%D1%96%D0%BD). Через їхнє незалежне згортання та стабілізацію, домени можна [субклонувати](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%80%D0%BD%D0%B5_%D0%BA%D0%BB%D0%BE%D0%BD%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F) («пересаджувати») з одного білка на інший за допомогою [генної інженерії](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B0_%D1%96%D0%BD%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D1%96%D1%8F), створюючи [химерні білки](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A5%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%BD%D1%96_%D0%B1%D1%96%D0%BB%D0%BA%D0%B8) з новими функціями.

Незважаючи на факт, що існує близько 100 тис. різних білків у клітинах [еукаріотів](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D1%83%D0%BA%D0%B0%D1%80%D1%96%D0%BE%D1%82%D0%B8), існує набагато менше різних структурних мотивів та доменів. Це є наслідком еволюції, тому що гени часто виникають за рахунок [дуплікації](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D1%83%D0%BF%D0%BB%D1%96%D0%BA%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F_%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D1%96%D0%B2) або переміщення частини [генетичного матеріалу](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%96%D0%B0%D0%BB) в межах [геному](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D0%BC). Таким чином, домен може бути переданий від одного білка до іншого, надаючи цьому білку нову функцію. Через подібні процеси, кожний домен прагне використовуватися багато разів у кількох різних білках.

### Четвертинна структура

[Четвертинна структура](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A7%D0%B5%D1%82%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B0_%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0) — структура, що виникає в результаті взаємодії кількох білкових молекул, названих в даному контексті [субодиницями](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D1%96%D0%BB%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D1%81%D1%83%D0%B1%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%8F). Повна структура кількох поєднаних субодиниць, що разом виконують спільну функцію, називається [білковим комплексом](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D1%96%D0%BB%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9_%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%81).

1. **Фізико-хімічні властивості білків.**

1. Денатурація.

Білкова молекула має функціональну конформацію завдяки наявності великої кількості слабких зв'язків і швидко денатурує при зміні умов середовища, від яких залежить стабільність цих зв'язків. Зміна температури, іонної сили, pH, а також обробка органічними або деякими дестабілізуючими агентами може привести до порушення нативної конформації, що і називається денатурацією. Денатурирующие речовини утворюють зв'язку з аміногрупами або карбонільних групами пептидного остова або деякими бічними залишками амінокислот, підміняючи власні внутрішньо-молекулярні зв'язки в білку, внаслідок чого вторинна і третинна структури змінюються. Ці зміни не зачіпають первинну структуру, при цьому біологічна активність білка втрачається.

2. Ренатівація.

При певних умовах денатурований білок може бути ренатівірован (оборотна денатурація). Це відбувається при видаленні денатурирующего або дестабілізуючий чинник. Наприклад, при видаленні сечовини діалізом поліпептиди мимовільно відновлюють свою нативну конформацію. Те ж відбувається при повільному охолодженні денатурованого нагріванням білка.

3. Молекулярна маса.

Білки є високомолекулярними сполуками. Наприклад, в складі рибонуклеази (ферменту, що розщеплює РНК) міститься 124 амінокислотних залишку, і її молекулярна маса становить приблизно 14 000. Міоглобін (білок м'язів), що складається з 153 амінокислотних залишків, має молекулярну масу 17 000, а гемоглобін - 64 500 (574 амінокислотних залишку). Молекулярні маси інших білків вищі: глобулін (утворює антитіла) складається з 1250 амінокислот і має молекулярну масу близько 150 000, а молекулярна маса ферменту глутамагдегідрогенази перевищує 1 000 000.

4. Амфотерность.

Найважливішим властивістю білків є їх здатність проявляти як кислі, так і основні властивості, тобто виступати в ролі амфотерних електролітів. Це забезпечується за рахунок різних диссоциирующих угруповань, що входять до складу радикалів амінокислот. Наприклад, кислотні властивості білку надають карбоксильні групи аспарагінової, глутамінової амінокислот, а лужні - радикали аргініну, лізину і гістидину. Чим більше дикарбонових амінокислот міститься в білку, тим сильніше виявляються його кислотні властивості, і навпаки. У лужному середовищі білок віддає протон і заряджається негативно, тоді як в кислому середовищі пригнічується дисоціація кислотних груп і білок стає катіоном. Таким чином, фактором, що визначає поведінку білка як катіона або аніона, є реакція середовища, яка визначається концентрацією водневих іонів і виражається величиною pH.Однако при певних значеннях рН-число позитивних і негативних зарядів зрівнюється і молекула стає електронейтральної, т. Е. Вона не буде переміщатися в електричному полі. Таке значення рН-середовища визначається як ізоелектричної точка білків.

5. Розчинність в воді.

Білки мають більшу спорідненість до води, т. Е. Вони гідрофільних. Молекули білка, як заряджені частинки, притягують до себе диполі води, які розташовуються навколо білкової молекули і утворюють водну або гідрадну оболонку. Ця оболонка охороняє молекули білка від склеювання і випадання в осад. Величина гідратної оболонки залежить від структури білка.

6. Висолювання.

Білки мають властивість оборотного осадження, т. Е. Випаданням білка в осад під дією певних речовин, після видалення яких він знову повертається в своє початкове (нативное) стан. Для висолювання білків використовують солі лужних і лужноземельних металів (найчастіше в практиці використовують сульфат натрію і амонію). Ці солі видаляють водну оболонку (викликають зневоднення) і знімають заряд.