

## Розвиток теоретичних уявлень про будову органічних та біоорганічних сполук

### Основні питання теми:

1. *Етапи розвитку органічної та біоорганічної хімії.*
2. *Теорія хімічної будови органічних і біоорганічних сполук.*
3. *Класифікація органічних сполук.*
4. *Принципи номенклатури органічних сполук.*
5. *Біоорганічна хімія як наука. Класифікація біоорганічних сполук.*

### Рекомендована література:

1. Бобрівник Л.Д. Органічна хімія: підручник для студентів вищих навчальних закладів / Л.Д. Бобрівник, В.М. Руденко, Г.О. Лезенко.- Київ: Ірпінь: „Перун”, 2005.- 544 с.
2. Губський Ю.І. Біоорганічна хімія/ Губський Ю.І.- К.: Нова книга. 2004.
3. Ластухін Ю.О. Органічна хімія// Ластухін Ю.О., Воронов С.А. – Л., 2000.- 864с.
4. Стеценко О.В. Біоорганічна хімія / О.В.Стеценко, Р.П. Виноградова. –К.: Вища школа, 1992.

### Питання та завдання для самостійного опрацювання:

1. Охарактеризувати основні об'єкти біоорганічної хімії.
2. Зробити конспект питання: «Етапи розвитку біоорганічної хімії.»
3. Підготувати реферативну доповідь на тему: «Біологічна роль біополімерів».

### Конспект лекції

#### 1. *Етапи розвитку органічної та біоорганічної хімії.*

Людина стикалася з органічними сполуками і використовувала їх для своїх практичних потреб з глибокої давнини. Давні народи знали різноманітні природні органічні сполуки і переробляли їх на їжу (хліб), напої (вино, пиво), одяг, пофарбований природними барвниками, паливо тощо. Це був період практичного використання органічних речовин, хоча хімії як науки ще не існувало.

VIII—XVI ст. — період *алхімії*. У цей час основна увага приділялася пошукам «філософського каменя» — особливої речовини, за допомогою якої нібито можна було перетворити неблагородні метали на золото, а також створенню еліксиру життя — «золотого напою». Значного розвитку вивчення органічних речовин на той час ще не набуло, однак уже існувала класифікація хімічних сполук (поки що примітивна) — за зовнішніми ознаками.

Наприкінці XVI ст. починається *новий* період розвитку хімії. З появою промислового виробництва накопичуються речовини, як виділені з природних джерел, так і такі, що не існують у природі у вільному стані. Виникають поняття «органічні речовини» й «органічна хімія». Їх увів у 1806р. шведський хімік Й. Берцеліус, на думку якого *органічними є речовини*, що наявні в рослинних і тваринних організмах. Зазначивши деякі особливості органічних сполук, він виділив органічну хімію у самостійну науку. Його основною помилкою було уявлення про участь недоступної для пізнання «життєвої сили» в утворенні й перетвореннях органічних речовин, а звідси й неможливість добування таких речовин поза організмом. Таким чином на деякий час це стало перешкодою на шляху розвитку органічної хімії.

Ще за життя Й. Берцеліуса було проведено експериментальні дослідження, в яких доводилась можливість утворення органічних речовин поза рослинним або тваринним організмом, наприклад синтез шавлевої кислоти (Ф. Велер, 1824 р.), сечовини (Ф. Велер, 1828 р.), аніліну (М. М. Зінін, 1842 р.), оцтової кислоти (А. В. Кольбе, 1845 р.), жирової (П. Бертелло, 1854 р.) і цукристої (О. М. Бутлеров, 1861 р.) речовин тощо. Після цього почався період розвитку *синтетичної* органічної хімії (сучасний період органічної хімії).

#### 2. *Теорія хімічної будови органічних і біоорганічних сполук.*

З сучасної точки зору, *органічна хімія* — це наука, яка вивчає сполуки Карбону з іншими елементами і закони, за якими утворюються ці сполуки. Тому органічну хімію називають ще хімією сполук Карбону (за винятком найпростіших його сполук — карбонатної кислоти та її солей, оксидів карбону, ціановодню).

Більшість органічних сполук містить у своєму складі крім Карбону ще й Гідроген. Тому й досі діє класичне визначення К. Шорлеммера (1871 р.) — *органічна хімія є хімією вуглеводнів та їх похідних, тобто продуктів, які утворюються у разі заміни атомів*

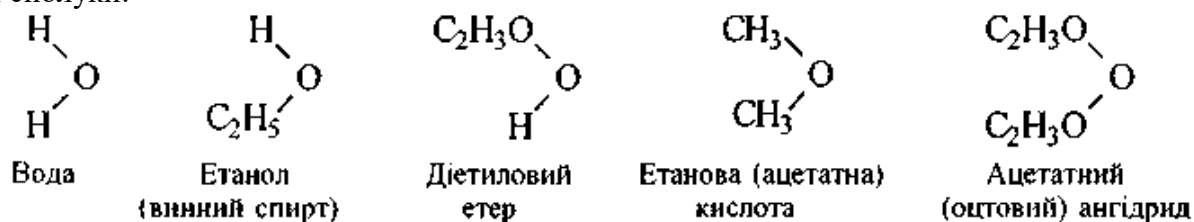
Гідрогену на інші атоми або групи атомів.

Молекули багатьох органічних сполук містять крім Карбону та Гідрогену атоми інших елементів — Оксигену, Нітрогену, Сульфору тощо. Ці елементи назвали *органогенами*.

Перша теорія органічної хімії — *теорія радикалів* — виходила з того, що в багатьох перетвореннях органічних речовин певна група атомів, названа «радикалом», у незмінному вигляді переходить із вихідної сполуки в продукт реакції. На думку авторів теорії (Й. Берцеліуса, Ю. Лібіха, Ф. Велера), молекула органічної сполуки складається з двох протилежно заряджених радикалів, що утримуються разом за рахунок електростатичної взаємодії. Принциповим недоліком цієї теорії було те, що вона не ставила питання про будову самого радикала.

На зміну теорії радикалів у 40-х роках XIX ст. прийшла *теорія типів* (Ш.Ф. Жерар, О. Лоран), в якій основна увага приділялася тій частині молекули органічної сполуки, що змінюється в процесі реакції. Ця теорія ґрунтувалася на уявленні про те, що в органічній хімії існують певні типи, які зберігають свій характер навіть після заміщення Гідрогену в них еквівалентною кількістю, наприклад, Хлору, Броду або якоюсь групою атомів. У цій теорії органічні сполуки розглядаються як похідні неорганічних, утворені заміщенням атомів у молекулі на групи, що мають назву «залишки», а добуті в результаті органічні речовини вступають у всі реакції, характерні для неорганічних. У зв'язку з цим було виділено кілька основних типів: тип водню, хлороводню, води, амоніаку та болотного газу.

Одним із перших було визначено тип води, до якого належать оксигено-вмісні органічні сполуки:



Теорія типів дала змогу створити подібну до сучасної класифікацію органічних речовин, так звану «унітарну» систему, в якій органічні сполуки були поділені на класи зі спільними хімічними властивостями. Крім того, за належністю речовини до певного класу іноді було можливим передбачити способи її добування і деякі хімічні властивості.

До 60-х років XIX ст. в органічній хімії вже було накопичено величезний матеріал, що потребував систематизації і пояснення. Головною проблемою було з'ясування питання про те, є молекули частками певної будови чи хаотичним нагромадженням атомів. Успішному розв'язанню цього питання сприяло встановлення чотиривалентності Карбону (А.Ф. Кекуле, А.В. Кольбе).

Відкриття валентності взагалі, а особливо валентності Карбону, впритул підводило до думки про певну будову молекул.

Основи теорії хімічної будови були закладені А. Я. Купером (1858 р.), який вважав, що всі особливості органічних сполук можна пояснити, враховуючи лише дві властивості атомів — валентність і зв'язок. Він також дійшов важливого висновку про здатність атомів Карбону сполучатись у ланцюги і запропонував зображувати зв'язки між атомами за допомогою рисок. Значний внесок у розвиток структурної теорії зробив Ф. А. Кекуле, який не тільки встановив чотиривалентність Карбону, а й увів тип метану, запропонував відому формулу бензену (бензолу), а також сформулював одне з основних завдань органічної хімії того часу — встановлення істинної будови молекул. Усі перелічені відкриття зумовили створення теорії хімічної будови органічних речовин.

**Основні положення теорії хімічної будови** були сформульовані і доведені О. М. Бутлеровим (1861 р.) на основі фактичного матеріалу:

1. У молекулах органічних речовин атоми сполучені один з одним у певній послідовності відповідно до їх валентності. Ця послідовність, або порядок зв'язку атомів у молекулі, називається хімічною будовою.

2. Властивості молекул визначаються не тільки типом і кількістю атомів у молекулі

(якісним і кількісним складом молекули), а й порядком їх сполучення, тобто хімічною будовою.

3. Органічні сполуки з однаковим якісним і кількісним складом, але різною будовою, називають ізомерами. Вони різняться за фізичними, а в більшості випадків і за хімічними властивостями.

4. Атоми або групи атомів у складі молекули взаємно впливають один на одного, а через це й на хімічну поведінку (реакційну здатність) молекули.

5. Оскільки під час окремих реакцій змінюються не всі, а лише деякі частини молекули, то, вивчаючи продукти хімічних перетворень речовини, можна встановити її хімічну будову.

### 3. Класифікація органічних сполук.

Основою сучасної класифікації органічних сполук є теорія хімічної будови. Залежно від будови ланцюга атомів Карбону молекули органічні сполуки поділяють на дві великі групи сполук: нециклічні та циклічні.

*Нециклічні*, або *ациклічні* (від грец. α — префікс, що означає заперечення, відсутність чогось), сполуки називають ще аліфатичними, або сполуками жирного ряду. В їхніх молекулах атоми Карбону сполучені в нерозгалужені або розгалужені «розкриті» ланцюги, що не містять циклів, або кілець. У молекулах *циклічних* сполук цикли можуть утворюватись або тільки атомами Карбону (вони складають групу *карбоциклічних* сполук), або в побудові циклів крім Карбону можуть брати участь атоми інших елементів, наприклад Оксигену, Нітрогену, Сульфуру тощо. Останні належать до *гетероциклічних* сполук (від грец. *ετερος* — інший), або просто *гетероциклів*.

Залежно від характеру зв'язків у ланцюгу атомів Карбону карбоциклічні сполуки поділяються на аліциклічні та ароматичні. Ароматичні містять у молекулах замкнену систему кон'югованих зв'язків, так званий ароматичний зв'язок, який буде докладно розглянуто далі. Це бензен, нафтаген, антрацен тощо. Всі інші карбоциклічні, або ізоциклічні, сполуки можуть містити ординарні або кратні зв'язки і бути, відповідно, насиченими або ненасиченими. Аналогічно на насичені й ненасичені поділяються й ациклічні сполуки (табл. 1).

Таблиця 1. Основні класи органічних сполук

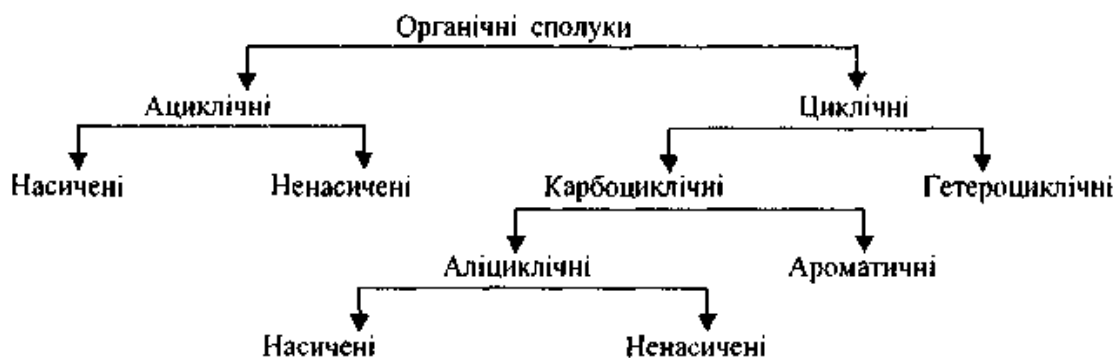
Функціональна група		Клас сполук	Загальна формула
Символ	Назва		
—ОН	Гідроксигрупа (гідроксил)	Гідроксисполуки спирти феноли	$R^*—OH$ $Alk—OH$ $Ar—OH$
	Оксогрупа (карбоніл)	Оксосполуки альдегіди  кетони	
	Гідроксикарбонільна (карбоксільна) група (карбоксил)	Карбонові кислоти	
—F, —Cl, —Br, I (Hal)	Галоген	Галогенопохідні	$R—Hal$
—NO <sub>2</sub>	Нітрогрупа	Нітросполуки	$R—NO_2$
—NH <sub>2</sub>	Аміногрупа	Аміни	$R—NH_2$
—SO <sub>3</sub> H	Сульфогрупа	Сульфо кислоти	$R—SO_3H$

—SH	Тіолова група	Тіосполуки (меркаптани)	R—SH
—N=N—	Азогрупа	Азосполуки	R—N=N—R'

\* R — вуглеводневий залишок — ациклічний або аліциклічний (*Alk*) чи ароматичний (*Ar*).

Кожна із зазначених груп органічних сполук поділяється на класи залежно від наявності в молекулах тих чи інших атомів або угруповань атомів, які визначають типові хімічні властивості даного класу, — так званих функціональних груп. Розглянемо деякі найхарактерніші функціональні групи і відповідні їм класи органічних сполук. До складу молекули органічної сполуки може входити одна або кілька функціональних груп. У таких випадках ідеться, відповідно, про моно- або багатофункціональні сполуки.

### Класифікація органічних сполук за групами (рядами)



#### 4. Принципи номенклатури органічних сполук.

Розвиток органічної хімії потребує однозначного найменування органічних сполук.

1. Тривіальні назви були першими з назв органічних сполук. Вони відображають не структуру сполуки, а деякі її властивості, зовнішні ознаки або походження. Наприклад, мурашина кислота вперше була виділена з мурашок; винний спирт — вилучений при виготовленні вина; анілін — від арабського ан-ніл (аль-ніл) — блакитний; пікринова кислота — від грец. *πικροσ* — гіркий тощо. Для деяких простих і давно відомих сполук тривіальні назви збереглися і вживаються й досі.

2. Раціональна номенклатура була запропонована для простих сполук і давала можливість відобразити в назві структуру, а також розв'язати зворотну задачу — побудувати за назвою формулу. В основу раціональної номенклатури покладено назви вуглеводнів. У кожному класі органічних сполук будь-яка сполука розглядається як перший член гомологічного ряду таких сполук, у молекулі якого один або кілька атомів Гідрогену замінені на вуглеводневі залишки. Раціональну номенклатуру використовують не для всіх типів похідних вуглеводнів, по-перше, тому, що для деяких сполук раціональні назви є занадто складними, а, по-друге, для певних класів сполук традиційно використовують тривіальні назви (наприклад, для амінокислот).

3. Радикало-функціональна (замісникова) номенклатура наближається до раціональної тим, що вуглеводневі залишки (застаріла назва — радикали) мають за нею ті самі назви, що й за раціональною номенклатурою. Відмінність полягає в тому, що назва за радикало-функціональною номенклатурою складається з двох елементів — групової назви, що відповідає певній функціональній групі, і назви вуглеводневого залишку (або кількох залишків — відповідно до валентності функціональної групи), сполученого з цією функціональною групою. Такі назви поширені для простих похідних вуглеводнів/

Систематична номенклатура є найбільш досконалим способом словесного опису структури органічних сполук і може бути застосована в усіх випадках (для всіх класів органічних сполук). Найчастіше систематичні назви ґрунтуються на принципі заміщення, тобто будь-яка сполука розглядається як *нерозгалужений вуглеводень* — ациклічний чи

циклічний, в молекулі якого один або кілька атомів Гідрогену заміщені іншими атомами і групами, в тому числі вуглеводневими залишками. Сучасній систематичній номенклатурі передувала *Женевська номенклатура* (затверджена міжнародною нарадою представників хімічних товариств у 1892 р. у Женеві), доповнена пізніше *Льєжськими правилами* (1930 р.). З розвитком органічної хімії систематична номенклатура постійно вдосконалюється і доповнюється; за цим слідкує комісія з номенклатури Міжнародної спілки теоретичної і прикладної хімії (International Union of Pure and Applied Chemistry)

#### 5. Біоорганічна хімія як наука. Класифікація біоорганічних сполук.

Біоорганічна хімія (грец. bios — життя + òrganon — знаряддя, інструмент, орган) — наука, яка розвивається у тісному зв'язку з молекулярною біологією, біохімією та іншими біологічними дисциплінами.

Біоорганічна хімія – наука, що вивчає індивідуальну структуру, фізико-хімічні властивості та шляхи синтезу органічних речовин, які входять до складу тваринних і рослинних організмів, а також механізми участі цих речовин у біологічних процесах. Тобто, вивчає речовини, які є основою процесів життєдіяльності. Разом з тим дослідження в галузі біоорганічної хімії .вносять істотний вклад у розв'язання головної проблеми органічної хімії - зв'язок між структурою речовин та їхньою реакційною здатністю в біол. умовах, що виключають високі т-ри, тиск, сильні кислоти та луги. Основними об'єктами, які вивчає біоорганічна хімія, є біологічні полімери та біорегулятори. Біополімери- високомолекулярні природні сполуки, які є основою всіх живих організмів і відіграють значну роль у процесах життєдіяльності. До них відносять: пептиди і білки, вуглеводи, нуклеїнові кислоти. Також відносять ліпіди, які хоча і не є високомолекулярними сполуками, але зазвичай пов'язані в організмі з іншими біополі мерами. Біорегулятори – сполуки, які хімічно регулюють обмін речовин (вітаміни, гормони, ферменти, синтетичні біологічні активні речовини).

Характерна особливість біоорганічної хімії– використання усього комплексу хімічних та фізичних методів індивідуалізації речовин і з'ясування їх будови. Без з'ясування будови та властивостей найважливіших біополімерів і біорегуляторів неможливо зрозуміти суть життєвих процесів, знайти шляхи управління такими складними явищами, як розмноження та передача спадкових ознак, нормальний та злоякісний ріст клітин, імунітет, пам'ять, передача нервового імпульсу та ін.

Як самостійна наука біоорганічна хімія сформувалася на базі органічної хімії у другій половині ХХ ст.

До складу всіх біоорганічних сполук живих організмів (біомолекул), входять ряд елементів, які отримали назву біоелементів, або органел.

Таблиця 1. Вміст хімічних елементів (%) в земній корі та в організмі людини

Елемент	Земна кора	Тіло людини
Кисень (O)	50,0	63,0
Кремній (Si)	28,0	Сліди
Алюміній (Al)	9,0	–
Залізо (Fe)	5,0	0,004
Водень (H)	0,9	10,0
Вуглець (C)	0,09	20,0
Фосфор (P)	0,08	1,0
Азот (N)	0,03	3,0
Сірка (S)	0,05	2,0

Біомолекули – біоорганічні сполуки, що входять до складу живих організмів та спеціалізовані для утворення клітинних структур і участі в біохімічних реакціях, які становлять сутність обміну речовин та фізіологічних функцій живих клітин.

Основними хімічними сполуками, що входять до складу всіх живих організмів, є білки, вуглеводи, ліпіди, мінеральні солі, вода. Крім того, в складі живих організмів міститься велика кількість інших органічних сполук – карбонових кислот, спиртів, альдегідів. В таблиці 2 показано загальний хімічний склад організму людини масою 65–70 кг

Таблиця 2. Загальний хімічний склад організму людини масою 65–70 кг

Біохімічний компонент	Вміст, %маси тіла	Маса, кг
-----------------------	-------------------	----------

Білки	18	11–14
Нуклеїнові кислоти	1	0,7–1,0
Вуглеводи	1	0,7–1,0
Ліпіди (жири)	14	9–10
Вода	61	40–42
Мінеральні сполуки	5	3,5–4,0

Білки та амінокислоти. Білки (протеїни)– найважливіший клас біомолекул, з наявністю яких, а також нуклеїнових кислот, пов’язують саму сутність життя в умовах Землі. Білки є біополі мерами, що складаються з двадцяти L–амінокислот і становлять разом з нуклеотидами молекулярну абетку будь–якої живої клітини.

Нуклеїнові кислоти та нуклеотиди. Нуклеїнові кислоти – дезоксирибонуклеїнові (ДНК) та рибонуклеїнові (РНК)–біополі мери (біомакромолекули), що складаються з п’яти основних нуклеотидів пуринового та піримідинового ряду, є носіями генетичної інформації у всіх живих організмах, починаючи від найпростіших вірусів до організму людини. Лінійна залежність певних мононуклеотидів у складі генетичних молекул нуклеїнових кислот кодує послідовність амінокислотних залишків у відповідному білку (пептиді). Сутність генетичного (біологічного) коду полягає в тому, що послідовність із трьох нуклеотидів (триплет або кодон) в молекулі ДНК секвенція відповідає одній з 20 L–амінокислот, що включається на певне місце пептичного ланцюга, який синтезується.

Вуглеводи – клас біомолекул, що складаються з моносахаридів та їх похідних, дисахаридів, гомо– та гетерополісахаридів. В організмі людини і тварин моносахариди (глюкоза, фруктоза, галактоза) та гомополісахарид глікоген виконують енергетичні функції; гетеро полісахариди (до складу яких в якості мономерів входять переважно аміноцукри–гексазаміни) беруть участь в утворенні біологічних структур (мембран, сполучної тканини).

Ліпіди (жири і жироподібні речовини)– біомолекули різноманітної хімічної будови, вони є складовими частинами клітинних оболонок та мембранних систем клітини і беруть участь в їх проникності, захищають внутрішні органи від механічних пошкоджень, є добрим термоізолятором, важливим джерелом енергії для організму та субстратом для синтезу цілого ряду біологічно важливих речовин

Важливу групу складають біологічно–активні сполуки, що виконують в організмі досить специфічні функції. До них належать вітаміни, гормони, ферменти, антибіотики.

Вітаміни– сполуки різноманітної хімічної будови, що не синтезуються в тваринних організмах, але необхідні для їх життєдіяльності, зокрема є компонентами матаболізму, за участю яких функціонують певні найважливіші ферментні системи.

Гормони– біомолекули, що є передавачами хімічних сигналів у системі ендокринної регуляції. Вони продукуються спеціалізованими клітинами залоз внутрішньої секреції безпосередньо в кров, лімфу або ліквор і виявляють дистантну регулюючу дію на обмін речовин та фізіологічні функції організму.

Ферменти–є органічними сполуками білкової природи, які утворюються в живих організмах, і здатні прискорювати перебіг хімічних реакцій в організмі.