Класифікація
Хімічна
Склад
Будова
Стереохімічна
Високомолекулярні сполуки
(ВМС)
Властивості
Фізичні
Хімічні
Методи
синтезу
Полімеризація
Поліконденсація
Номенклатура

Склад ВМС

Високомолекулярні сполуки – речовини з великою молярною масою, що відрізняє їх від низькомолекулярних речовин.

Хімія ВМС вивчає хімічні речовини, молекули яких складаються з багатьох сотень і тисяч атомів, наприклад:

$[C_6H_{10}O_5]_n$ – целюлоза

$[C_5H_8]_n$ – натуральний каучук

$[C_2H_5Cl]_n$ – полівінілхлорид

Структурна ланка полімеру

Молекули більшості ВМС побудовані з однакових груп атомів, які багаторазово повторюються. Такі групи називаються структурними ланками:

$R{-}A{-}A{-}A{-}A{-}A{-}A{-}A{-}A{-}R^1$ або $X{-}[A]_n{-}Y$

A – структурна ланка;

X, Y – кінцеві групи;

R, R^1 – ланцюг, що продовжується;

n – кількість структурних ланок (ступінь полімеризації).

$$R{-}A{-}A{-}A{-}A{-}A{-}A{-}A{-}A{-}R^1$$
$$R^2{-}A{-}A{-}A{-}A{-}A{-}A{-}A{-}A{-}R^3$$
$$R^4{-}A{-}A{-}A{-}A{-}A{-}A{-}A{-}A{-}R^5$$
$$R^6 \qquad\qquad R^7$$

R, R^1, R^2, R^3, R^4, R^5, R^6, R^7 – ланцюг, що продовжується.

Наприклад, макромолекула (ПВХ):

$$R{-}CH_2{-}\underset{Cl}{CH}{-}CH_2{-}\underset{Cl}{CH}{-}CH_2{-}\underset{Cl}{CH}{-}R^1$$

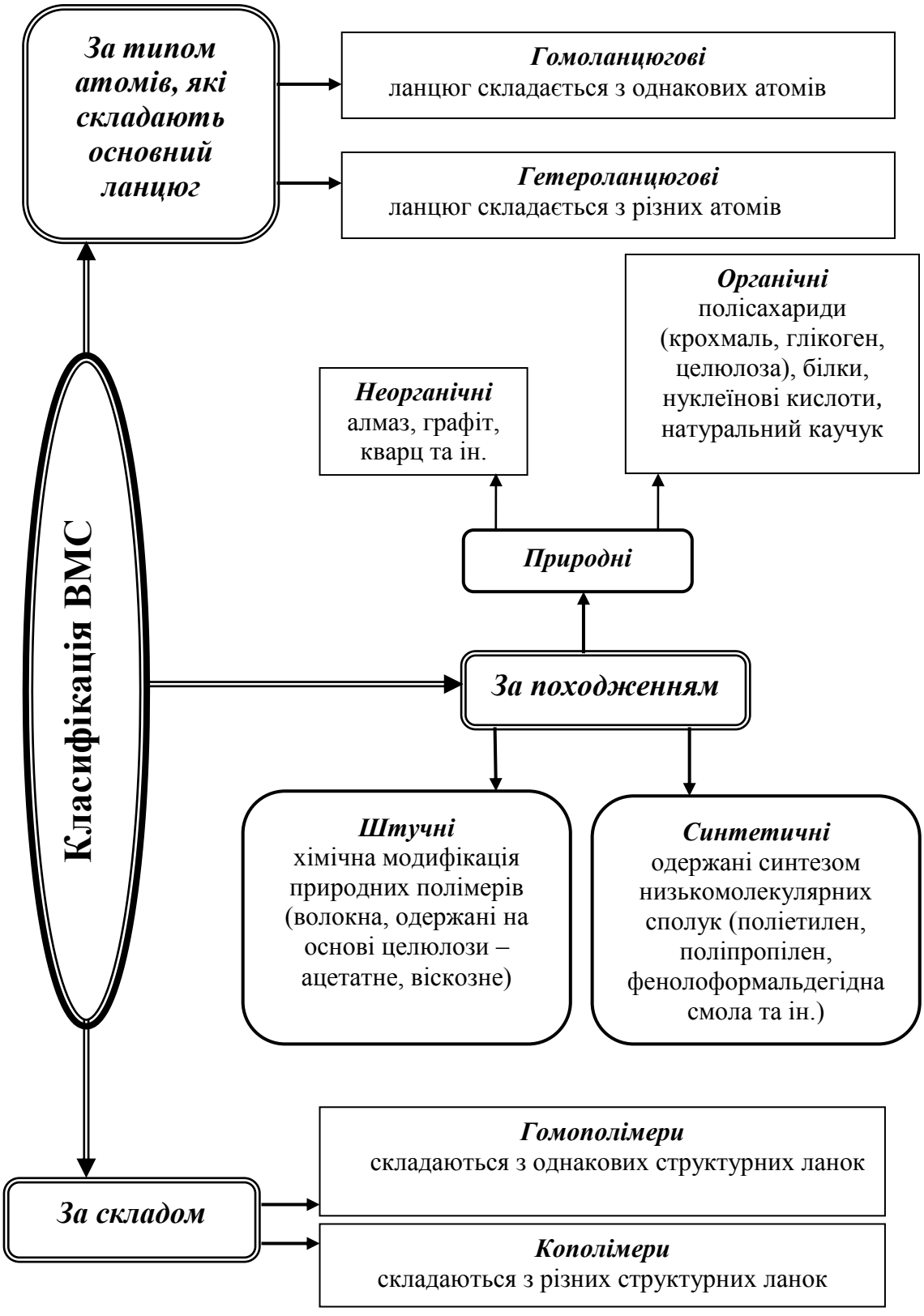
структурна ланка ПВХ:

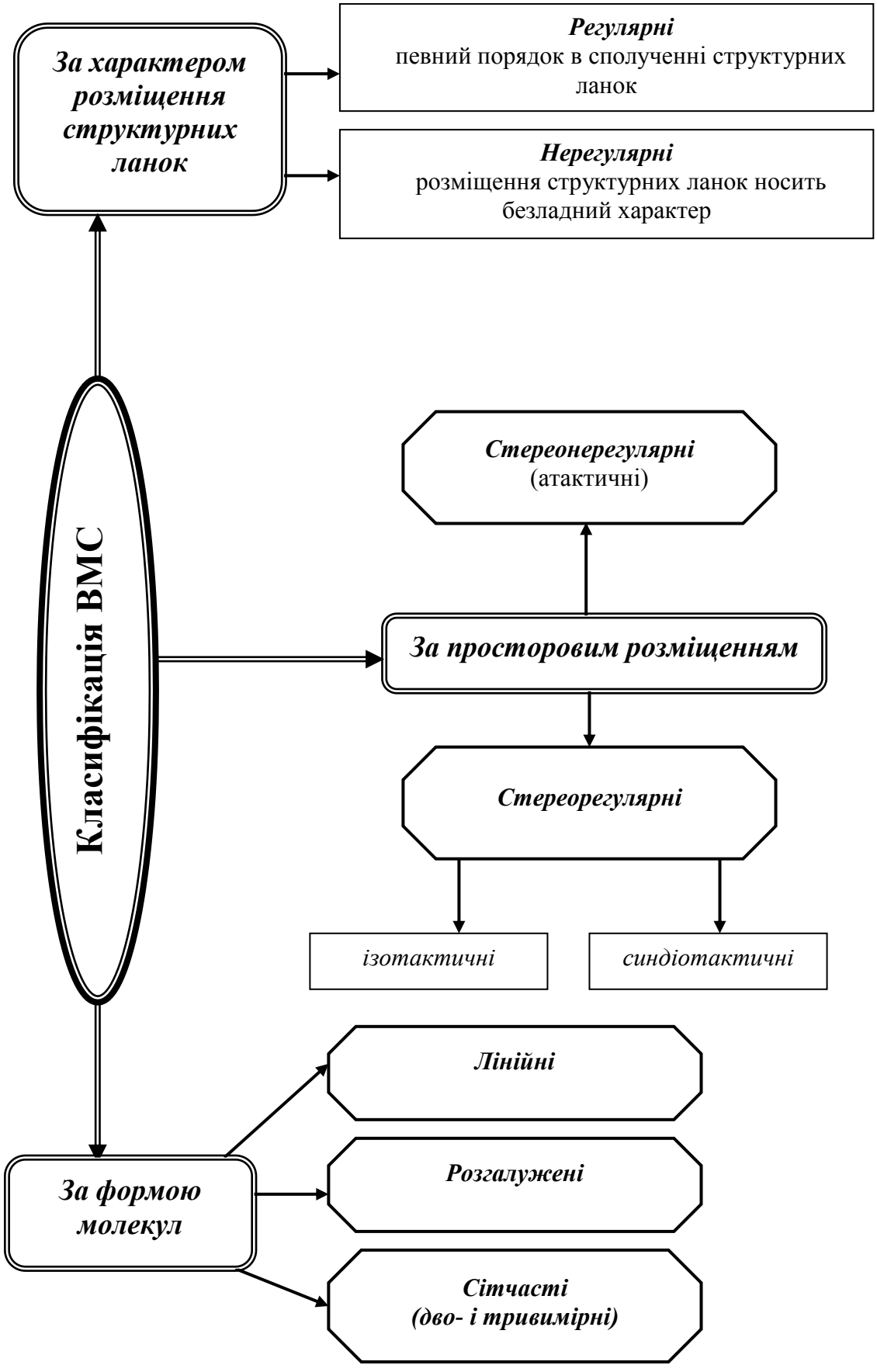
$$-CH_2{-}\underset{Cl}{CH}-$$

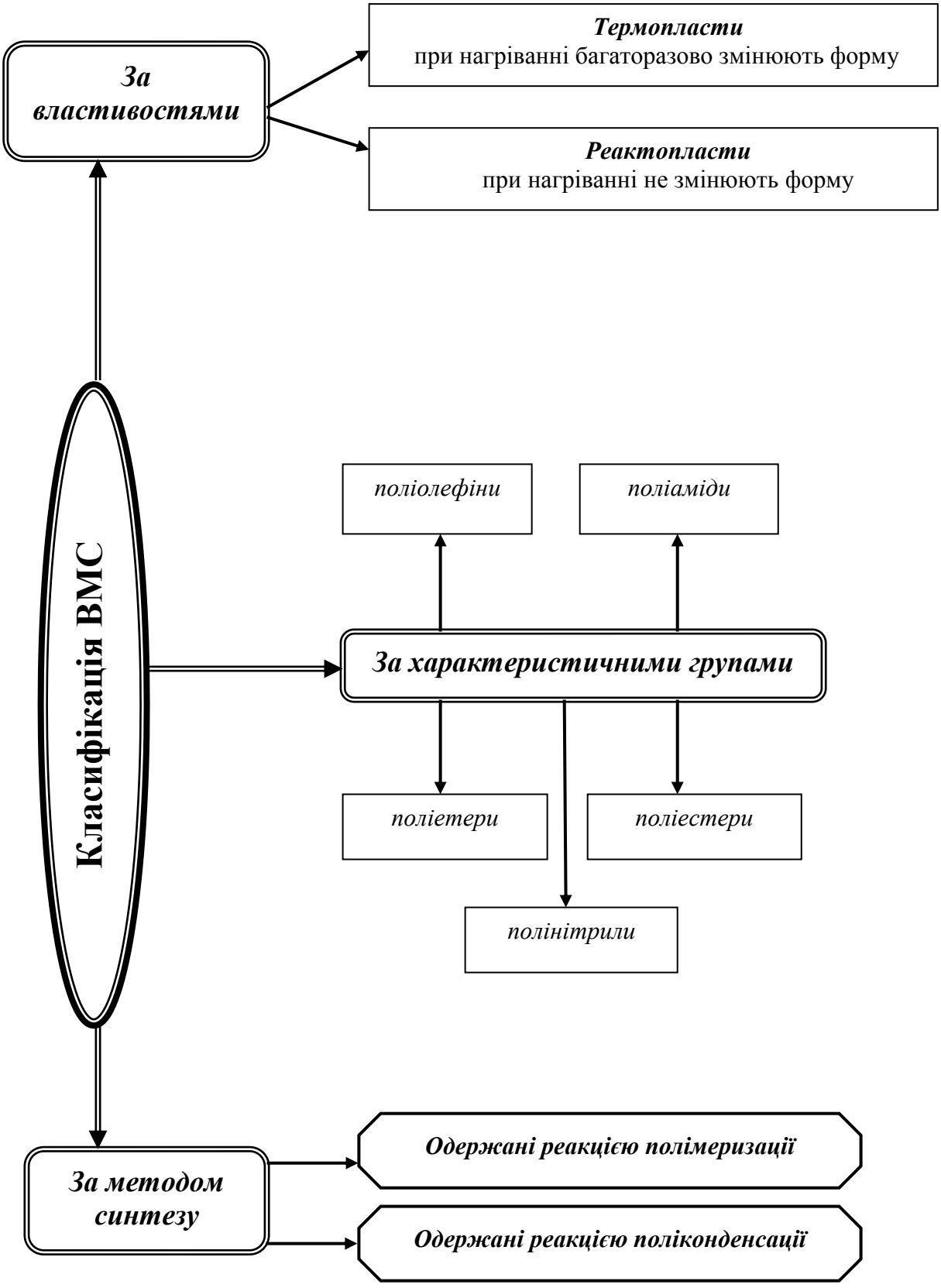
скорочена формула ПВХ:

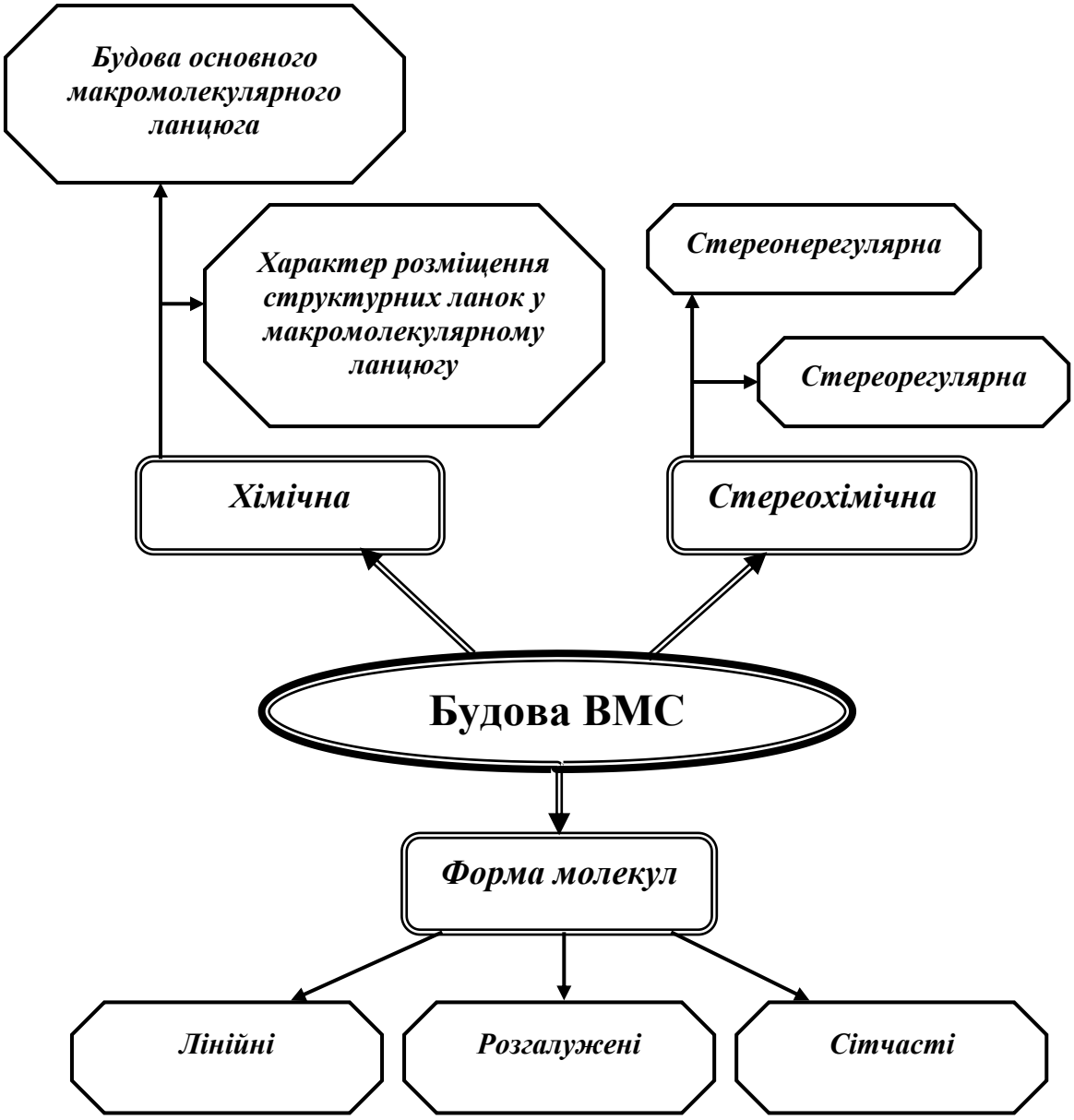
$$R{-}\left[CH_2{-}\underset{Cl}{CH}\right]_n{-}R^1$$

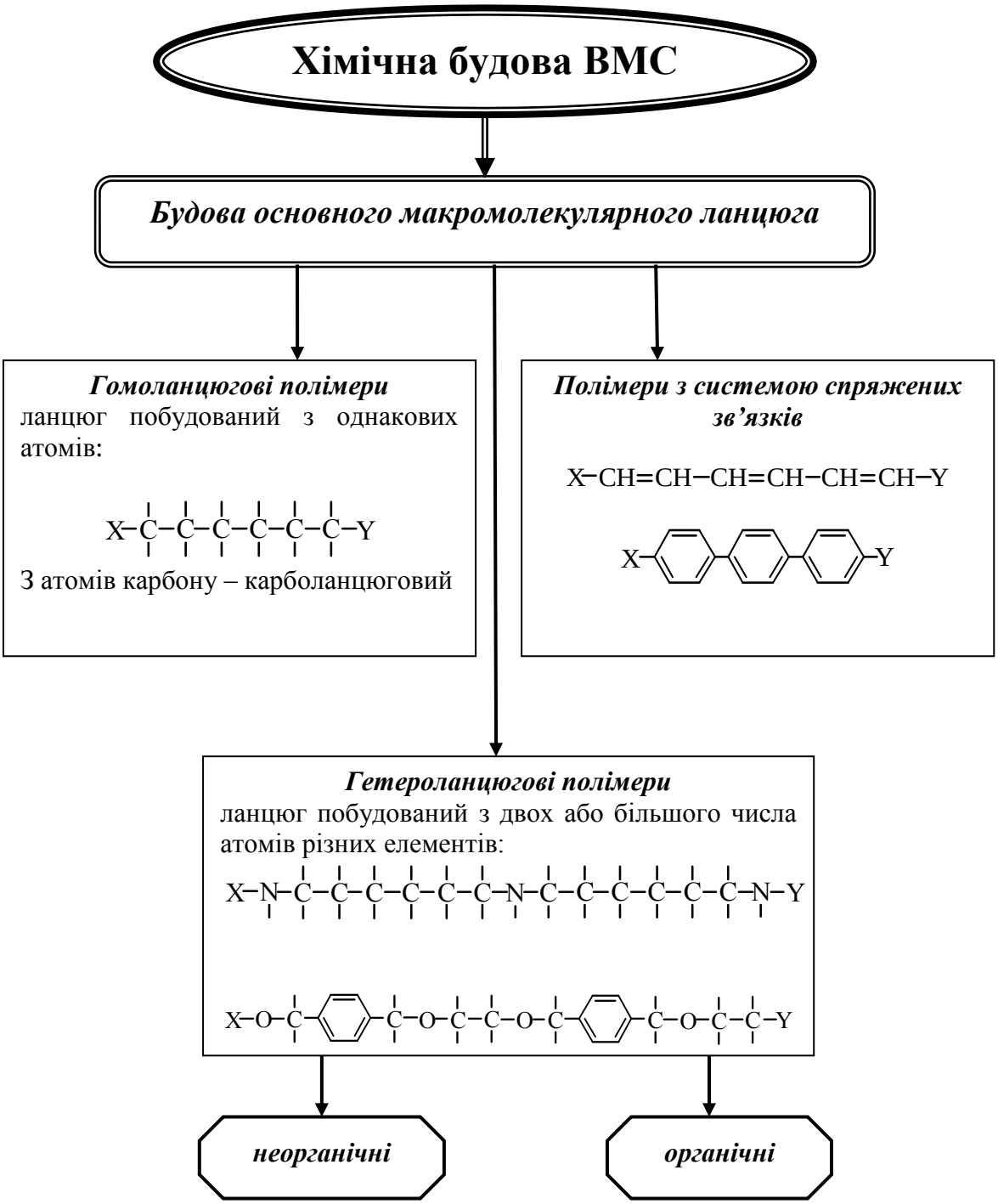
За складом
За характером розміщення структурних ланок
За типом атомів, які складають основний ланцюг
За походженням
За формою молекул
Класифікація ВМС
За характеристичними групами
За властивостями
За просторовим розміщенням
За методом синтезу

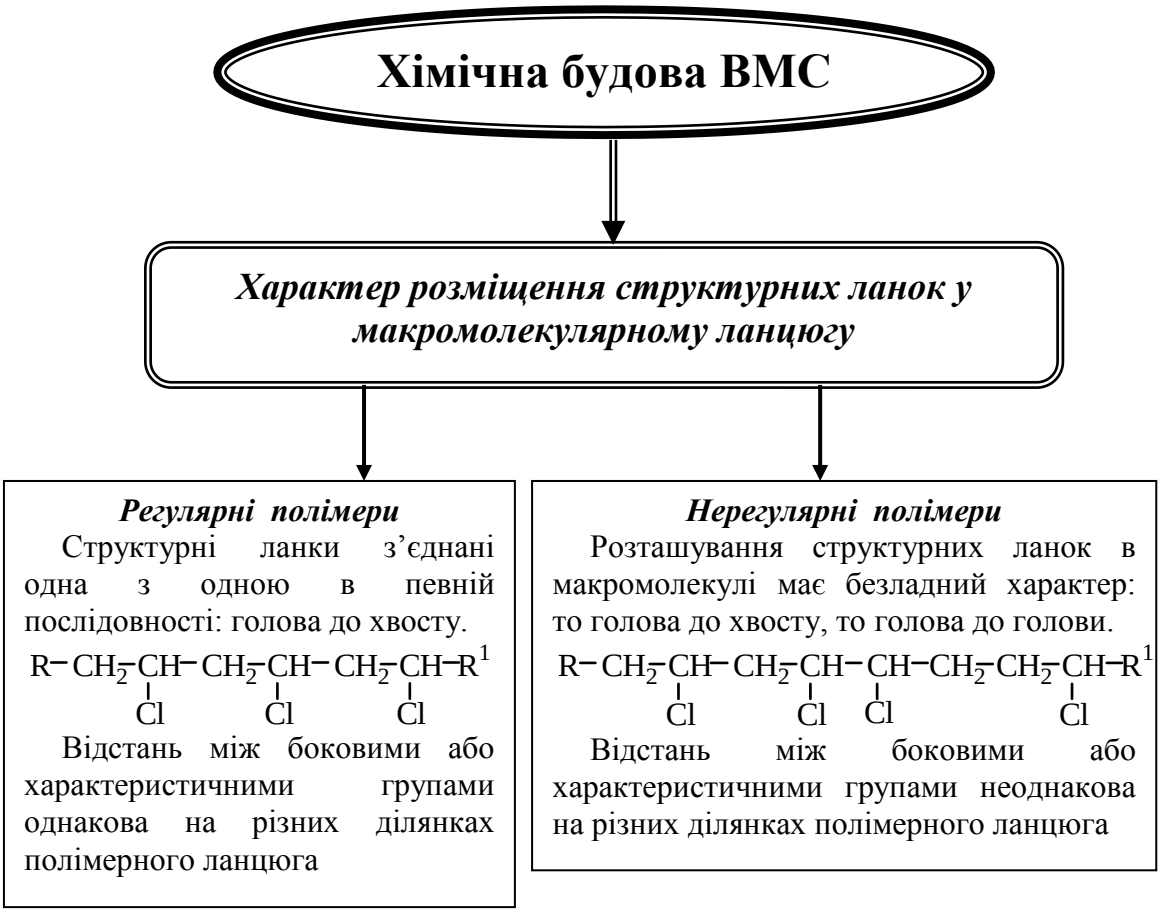

Класифікація ВМС
За типом атомів, які складають основний ланцюг
Гомоланцюгові
ланцюг складається з однакових атомів
Гетероланцюгові
ланцюг складається з різних атомів
За походженням
Природні
Органічні
полісахариди (крохмаль, глікоген, целюлоза), білки, нуклеїнові кислоти, натуральний каучук
Неорганічні
алмаз, графіт, кварц та ін.
Штучні
хімічна модифікація природних полімерів (волокна, одержані на основі целюлози – ацетатне, віскозне)
Синтетичні
одержані синтезом низькомолекулярних сполук (поліетилен, поліпропілен, фенолоформальдегідна смола та ін.)
За складом
Гомополімери
складаються з однакових структурних ланок
Кополімери
складаються з різних структурних ланок


Класифікація ВМС
За характером розміщення структурних ланок
Регулярні
певний порядок в сполученні структурних ланок
Нерегулярні
розміщення структурних ланок носить безладний характер
За просторовим розміщенням
Стереонерегулярні
(атактичні)
Стереорегулярні
ізотактичні
синдіотактичні
За формою молекул
Лінійні
Розгалужені
Сітчасті
(дво- і тривимірні)


Класифікація ВМС
За властивостями
Термопласти
при нагріванні багаторазово змінюють форму
Реактопласти
при нагріванні не змінюють форму
За характеристичними групами
поліолефіни
поліаміди
поліетери
поліестери
полінітрили
За методом синтезу
Одержані реакцією полімеризації
Одержані реакцією поліконденсації


Будова основного макромолекулярного ланцюга
Характер розміщення структурних ланок у макромолекулярному ланцюгу
Стереонерегулярна
Стереорегулярна
Хімічна
Стереохімічна
Будова ВМС
Форма молекул
Лінійні
Розгалужені
Сітчасті

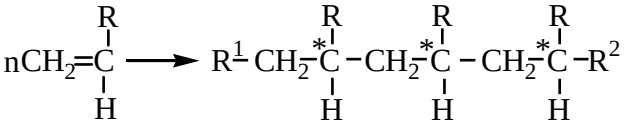

Хімічна будова ВМС
Будова основного макромолекулярного ланцюга
Гомоланцюгові полімери
ланцюг побудований з однакових атомів:
X–C–C–C–C–C–C–Y
З атомів карбону – карболанцюговий
Полімери з системою спряжених зв'язків
X–CH=CH–CH=CH–CH=CH–Y
X
Y
Гетероланцюгові полімери
ланцюг побудований з двох або більшого числа атомів різних елементів:
X–N–C–C–C–C–C–C–N–C–C–C–C–C–C–N–Y
X–O–C
C–O–C–C–O–C
C–O–C–C–Y
неорганічні
органічні


Хімічна будова ВМС
Характер розміщення структурних ланок у макромолекулярному ланцюгу
Регулярні полімери
Структурні ланки з'єднані одна з одною в певній послідовності: голова до хвосту.
R–CH2–CH(Cl)–CH2–CH(Cl)–CH2–CH(Cl)–R1
Відстань між боковими або характеристичними групами однакова на різних ділянках полімерного ланцюга
Нерегулярні полімери
Розташування структурних ланок в макромолекулі має безладний характер: то голова до хвосту, то голова до голови.
R–CH2–CH(Cl)–CH2–CH(Cl)–CH(Cl)–CH2–CH2–CH(Cl)–R1
Відстань між боковими або характеристичними групами неоднакова на різних ділянках полімерного ланцюга

Хімічна будова ВМС

Стереохімічна

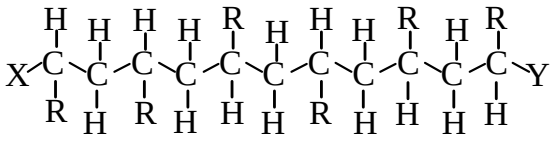
При полімеризації α-заміщенних етилену третинні атоми карбону мономеру $=\underset{\displaystyle H}{\overset{\displaystyle |}{C}}-$ стають в полімері асиметричними:



З'являється оптична ізомерія структурних ланок

Стереонерегулярні полімери
атактичні

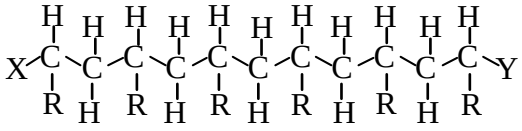
В полімерах безладно чергуються асиметричні атоми карбону *D*- та *L*-конфігурацій:



атактичний полімер

Стереорегулярні полімери
ізотактичні

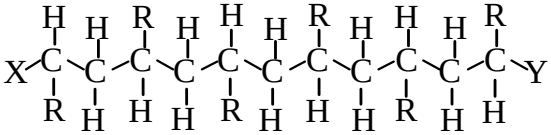
В полімерах асиметричні атоми карбону мають будь-яку одну (*D*- або *L*-) конфігурацію:



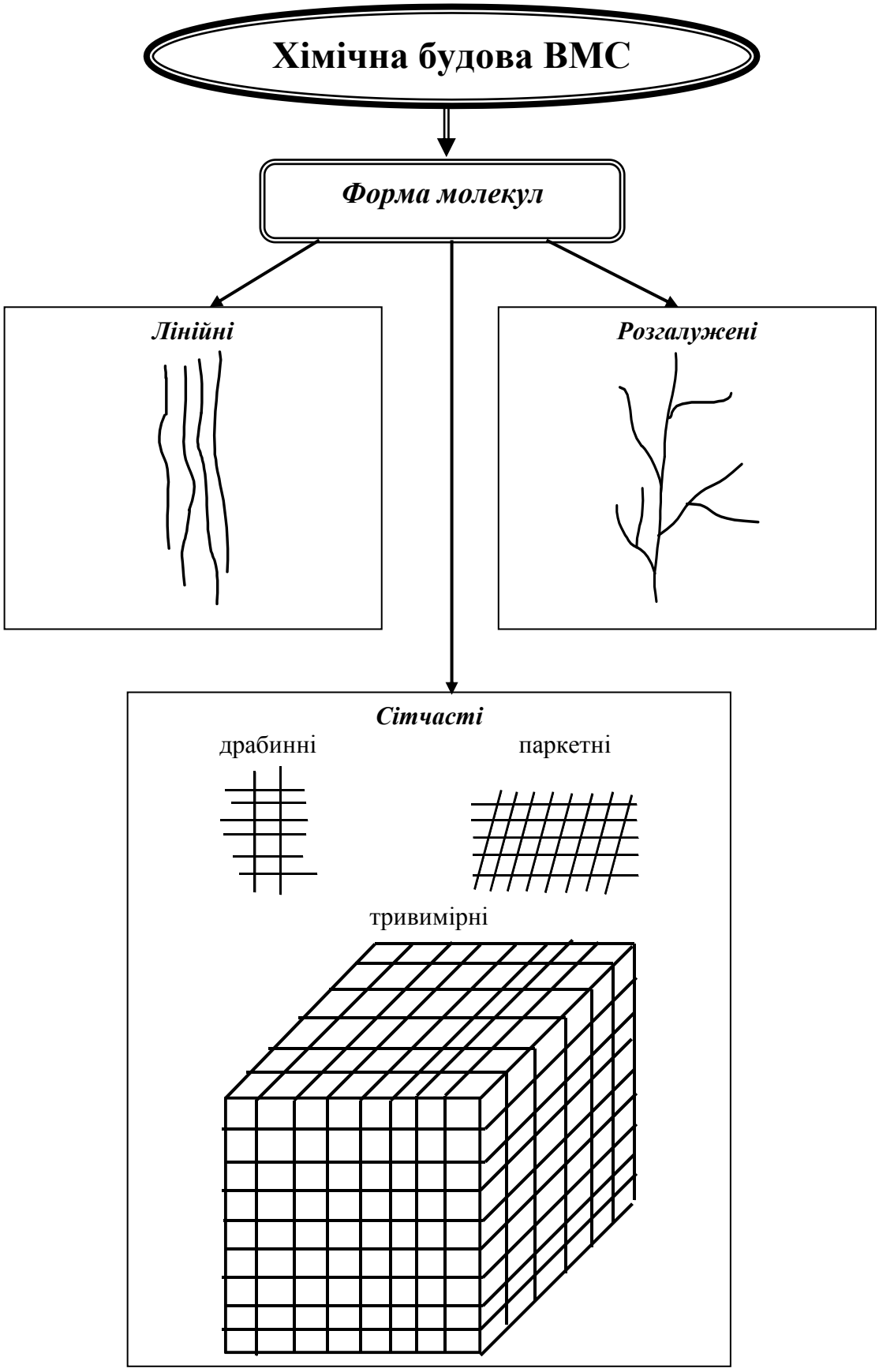
ізотактичний полімер

сіндіотактичні

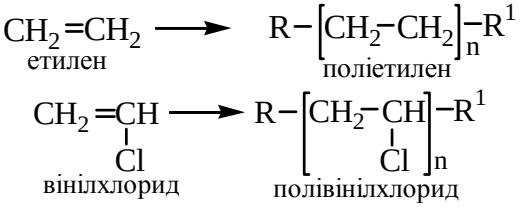
В полімерах асиметричні атоми карбону *D*- або *L*-конфігурації чергуються поперемінно:



сіндіотактичний полімер


Хімічна будова ВМС
Форма молекул
Лінійні
Розгалужені
Сітчасті
драбинні
паркетні
тривимірні

Назва складається звичайно з назви вихідного мономеру, що входить як структурна ланка до складу макромолекули полімеру, і префікса полі-:



Карболанцюгових полімерів

Класифікація та номенклатура ВМС

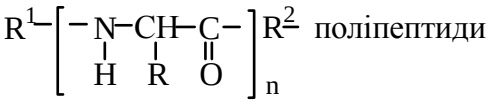
Гетероланцюгових полімерів

Полімери в залежності від гетероатома, що входить до складу основного ланцюга, поділяють на:

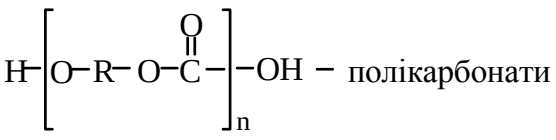
а) оксигеновмісні;
б) нітрогеновмісні;
в) сульфуровмісні;
г) елементоорганічні.

Ці групи полімерів поділяються на підгрупи у відповідності до прийнятої в органічній хімії класифікації.

Назва гетероланцюгових полімерів складається з назви класу сполук і префікса полі-:



поліпептиди

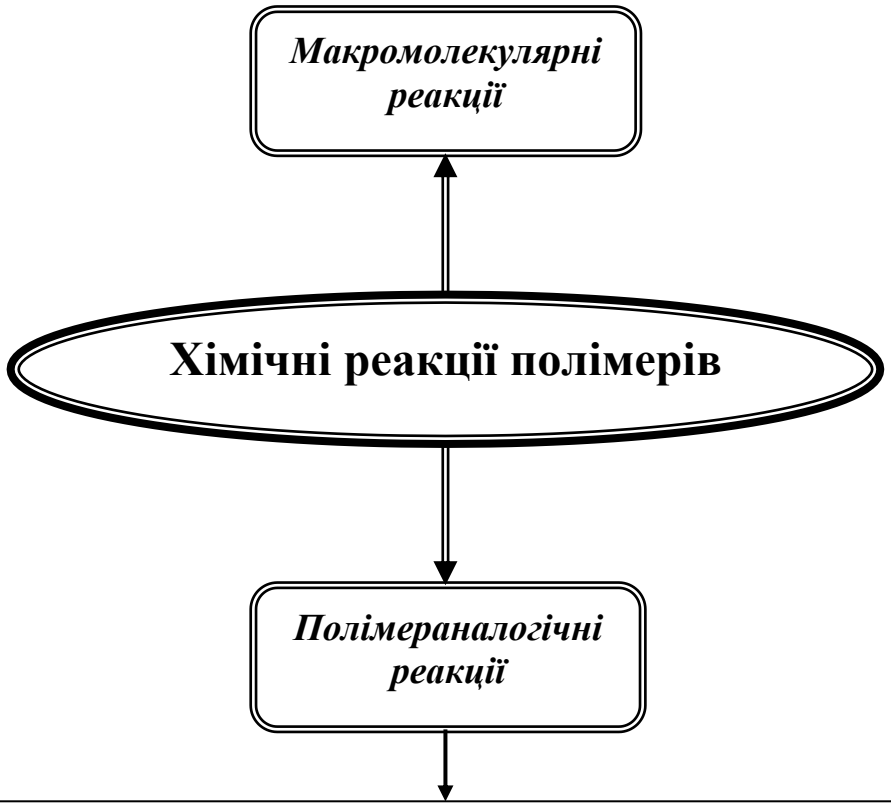


– полікарбонати

Обумовлені високою молярною масою ВМС, ланцюговою будовою макромолекул, їх гнучкістю. Найбільш повно виражені у лінійних ВМС. Лінійні макромолекули досягають високого ступеня орієнтування відносно одна до одної і мають високу щільність упаковки, що приводить до виникнення багаточисельних міжмолекулярних зв'язків з високою сумарною енергією.

Міцність розгалужених полімерів та властивості їх розчинів залежать від ступеня і типу розгалуження.

Сітчасті полімери різко відрізняються від лінійних та розгалужених. В сітчастих полімерах переважають міцні хімічні зв'язки між макромолекулами



Простішою частинкою, що приймає участь в хімічних реакціях, є структурна ланка макромолекули полімеру. Хімічні реакції структурних ланок – це реакції характеристичних груп полімерів. Характеристичні групи полімерів – це характеристичні групи структурних ланок. Реакції ланок полімерного ланцюга приводять до зміни хімічного складу полімеру без суттєвих змін ступеня полімеризації. Реакційна здатність характеристичних груп та атомів не залежить від молярної маси полімеру:

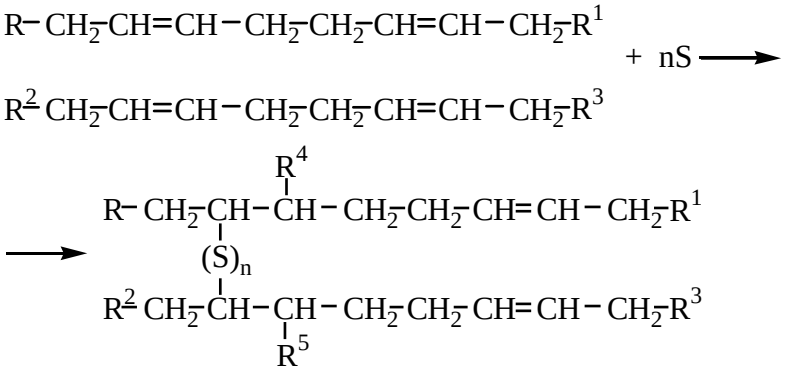
$$R^1-\left[CH_2-\underset{\underset{COOH}{|}}{CH}-\right]_n-R^2 \;+\; nROH \xrightarrow[-nH_2O]{} R^1-\left[CH_2-\underset{\underset{COOR}{|}}{CH}-\right]_n-R^2$$

Хімічні реакції полімерів

Макромолекулярні реакції

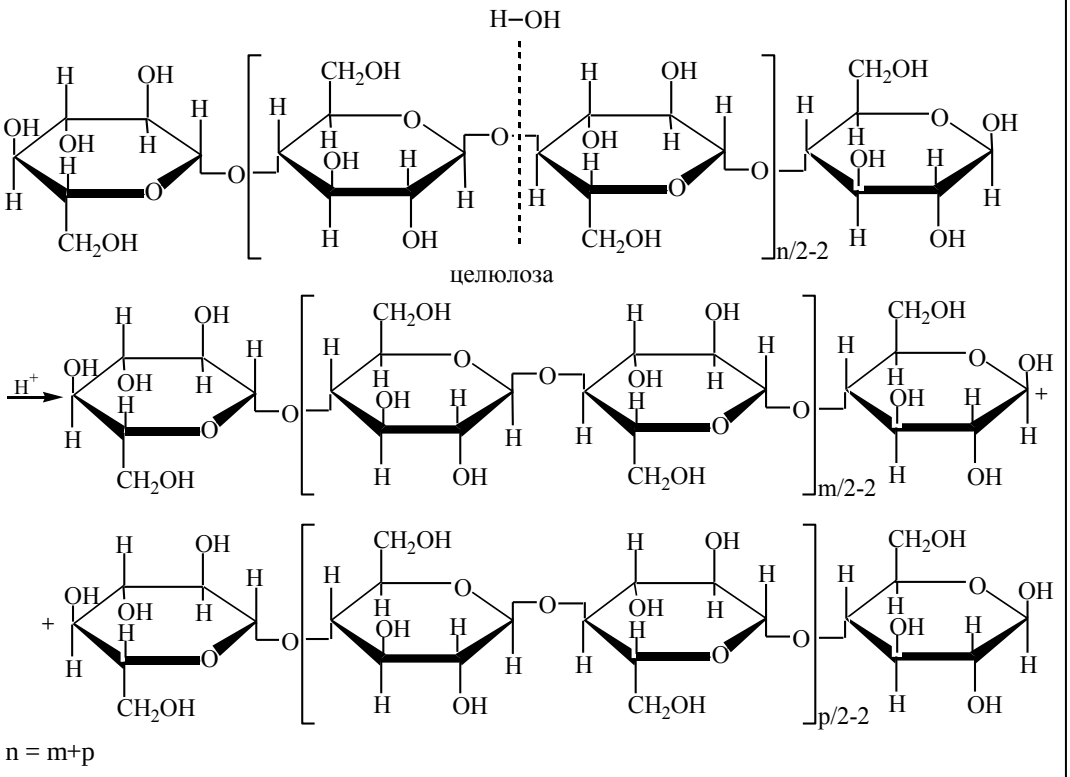
Міжмолекулярні реакції – між молекулами утворюються хімічні зв'язки і лінійні полімери перетворюються в просторові.

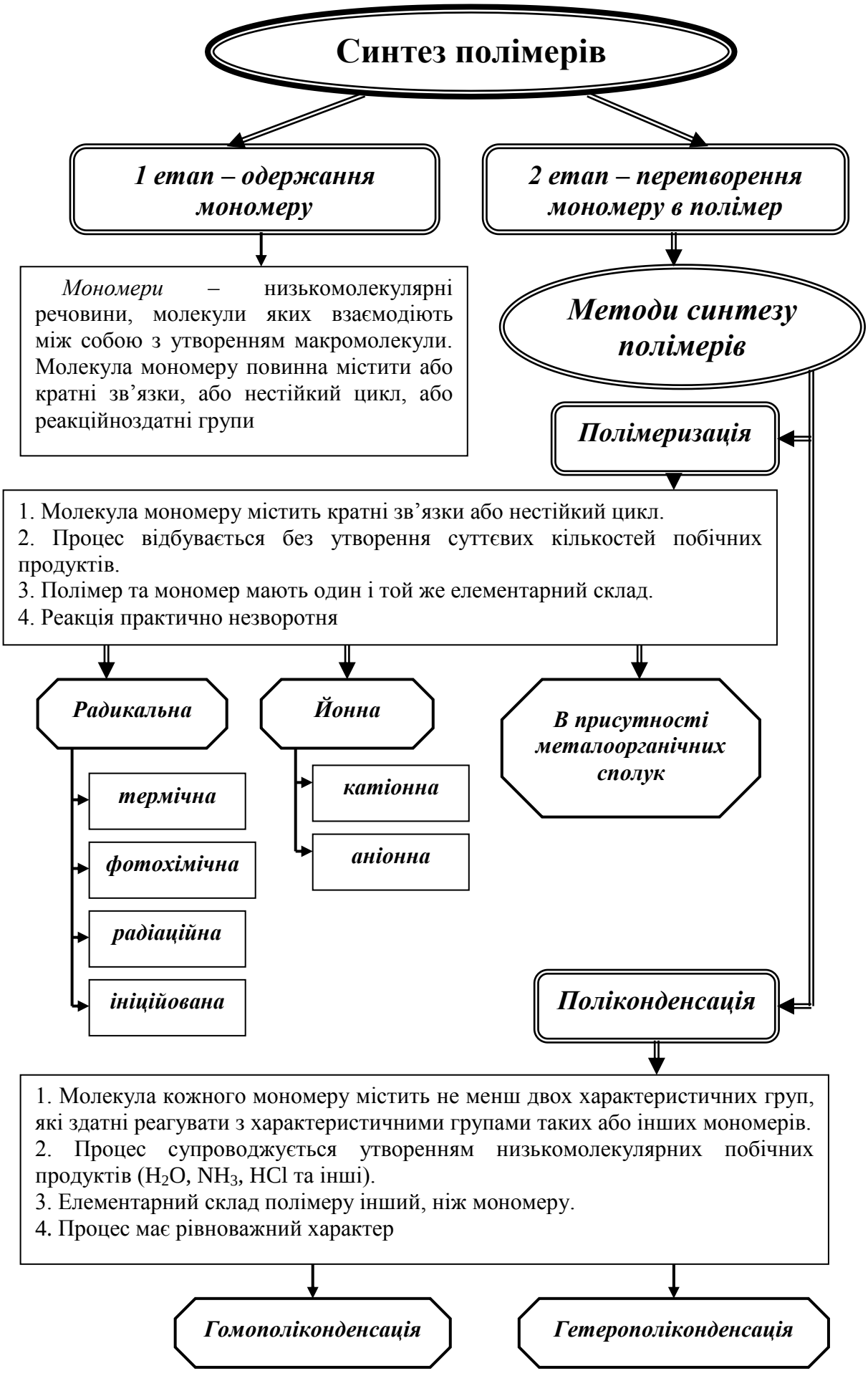
Вулканізація каучуку:



Реакції хімічної деструкції полімерів. При деструкції полімерів зменшується молярна маса полімеру.

Наприклад, гідроліз целюлози:




Синтез полімерів
1 етап – одержання мономеру
2 етап – перетворення мономеру в полімер
Мономери – низькомолекулярні речовини, молекули яких взаємодіють між собою з утворенням макромолекули. Молекула мономеру повинна містити або кратні зв'язки, або нестійкий цикл, або реакційноздатні групи
Методи синтезу полімерів
Полімеризація
1. Молекула мономеру містить кратні зв'язки або нестійкий цикл.
2. Процес відбувається без утворення суттєвих кількостей побічних продуктів.
3. Полімер та мономер мають один і той же елементарний склад.
4. Реакція практично незворотня
Радикальна
Йонна
В присутності металоорганічних сполук
термічна
фотохімічна
радіаційна
ініційована
катіонна
аніонна
Поліконденсація
1. Молекула кожного мономеру містить не менш двох характеристичних груп, які здатні реагувати з характеристичними групами таких або інших мономерів.
2. Процес супроводжується утворенням низькомолекулярних побічних продуктів (H_2O, NH_3, HCl та інші).
3. Елементарний склад полімеру інший, ніж мономеру.
4. Процес має рівноважний характер
Гомополіконденсація
Гетерополіконденсація

Методи синтезу полімерів

Полімеризація

Полімеризацією називається реакція з'єднання декількох молекул, при якій структурні ланки полімеру, що утворюється, не відрізняються за складом від вихідних мономерів:

$$\underset{\text{етилен}}{n CH_2{=}CH_2} \longrightarrow \underset{\text{поліетилен}}{R{-}\left[CH_2{-}CH_2\right]_n{-}R^1}$$

Ланцюгова полімеризація складається з трьох елементарних реакцій:

$A_1 \longrightarrow A_1^*$ утворення активного центру

$A_1^* + A_1 \longrightarrow A_2^*$

$A_2^* + A_1 \longrightarrow A_3^*$ } зростання ланцюга

$A_{n-1}^* + A_1 \longrightarrow A_n^*$

$A_n^* \longrightarrow A_n$ обрив ланцюга

A_1 – молекула мономеру;
A_1^* – активний центр;
A_2^*, A_3^*, A_{n-1}^* A_n^* – ланцюг, що зростає;
A_n – молекула полімеру

Радикальна полімеризація

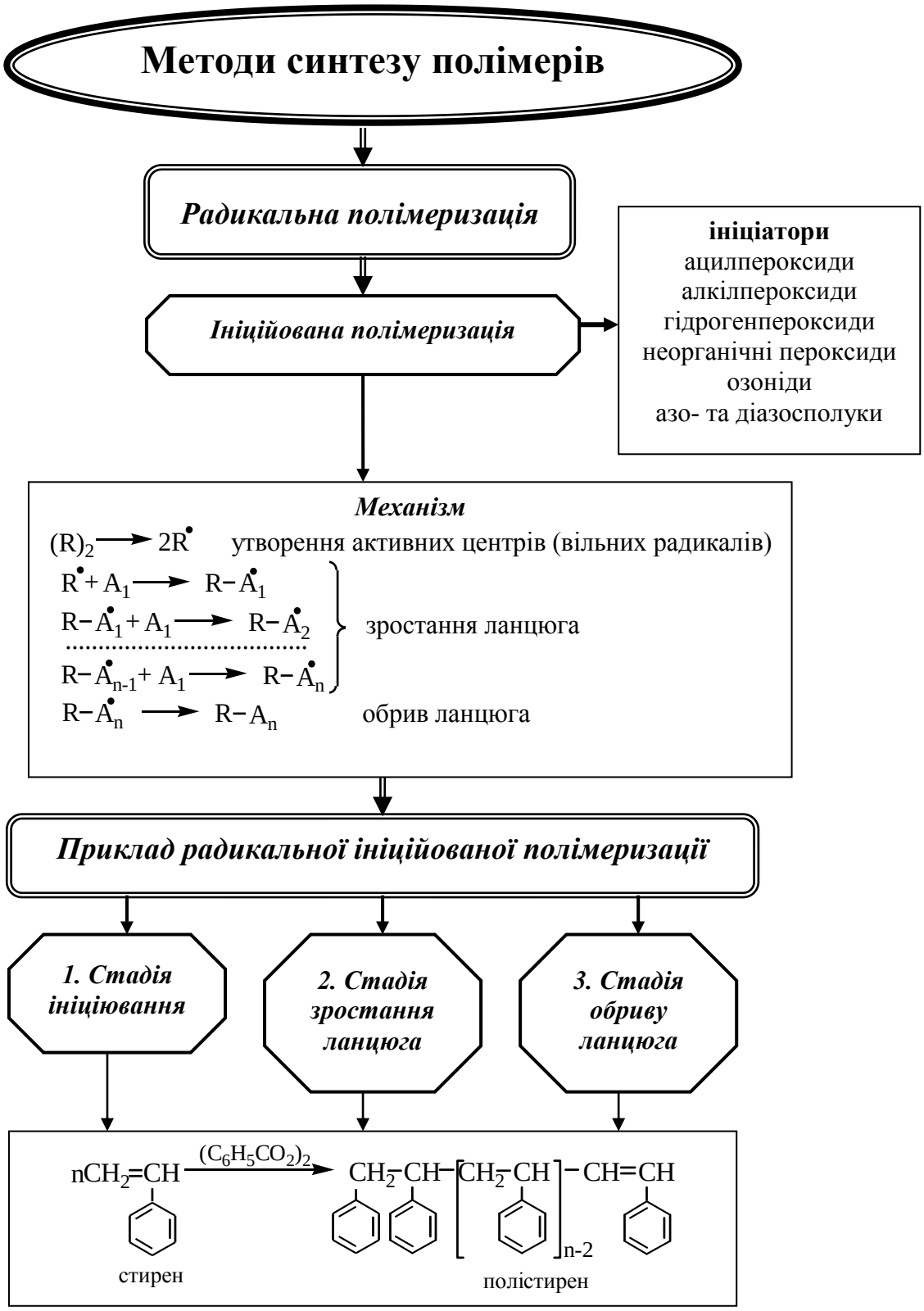
Активний центр – вільний радикал.
Гомолітичний розрив:

$$\rangle C{=}C\langle \longrightarrow \rangle \dot{C}{-}\dot{C}\langle$$

Йонна полімеризація

Активний центр – йон.
Гетеролітичний розрив:

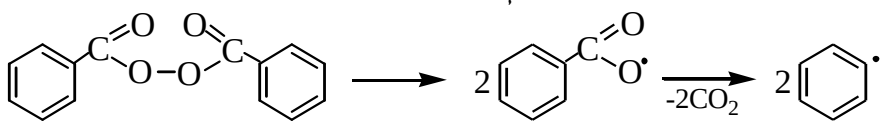
$$\rangle C{=}C\langle \longrightarrow \rangle \overset{+}{C}{-}\bar{C}\langle$$


Методи синтезу полімерів
Радикальна полімеризація
Ініційована полімеризація
ініціатори
ацилпероксиди
алкілпероксиди
гідрогенпероксиди
неорганічні пероксиди
озоніди
азо- та діазосполуки
Механізм
(R)2 → 2R•
утворення активних центрів (вільних радикалів)
R• + A1 → R–A•1
R–A•1 + A1 → R–A•2
R–A•n-1 + A1 → R–A•n
зростання ланцюга
R–A•n → R–An
обрив ланцюга
Приклад радикальної ініційованої полімеризації
1. Стадія ініціювання
2. Стадія зростання ланцюга
3. Стадія обриву ланцюга
nCH2=CH
(C6H5CO2)2
CH2–CH–[CH2–CH]n-2–CH=CH
стирен
полістирен

Методи синтезу полімерів

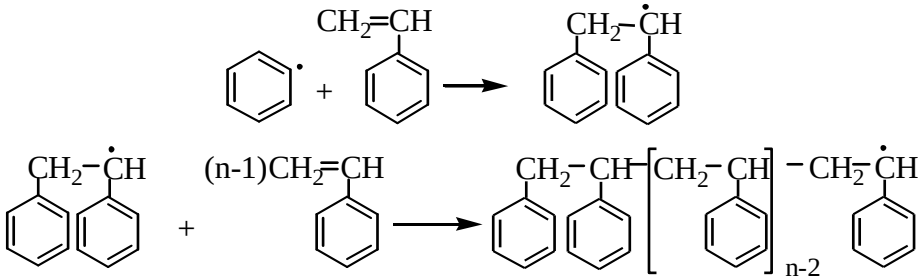
Приклад радикальної ініційованої полімеризації

1. Стадія ініціювання

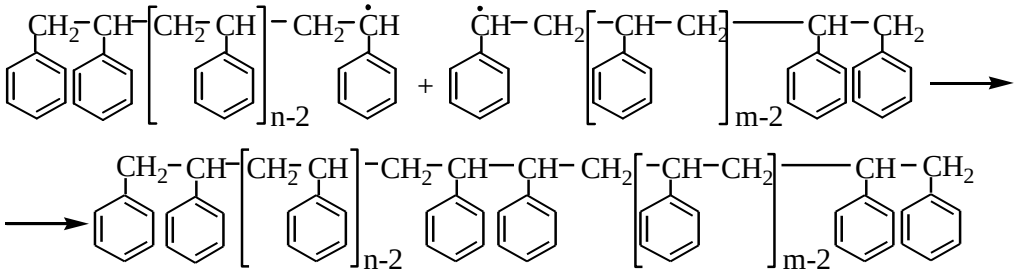


пероксид бензоїлу — бензоїл-радикал — феніл-радикал

2. Стадія зростання ланцюга

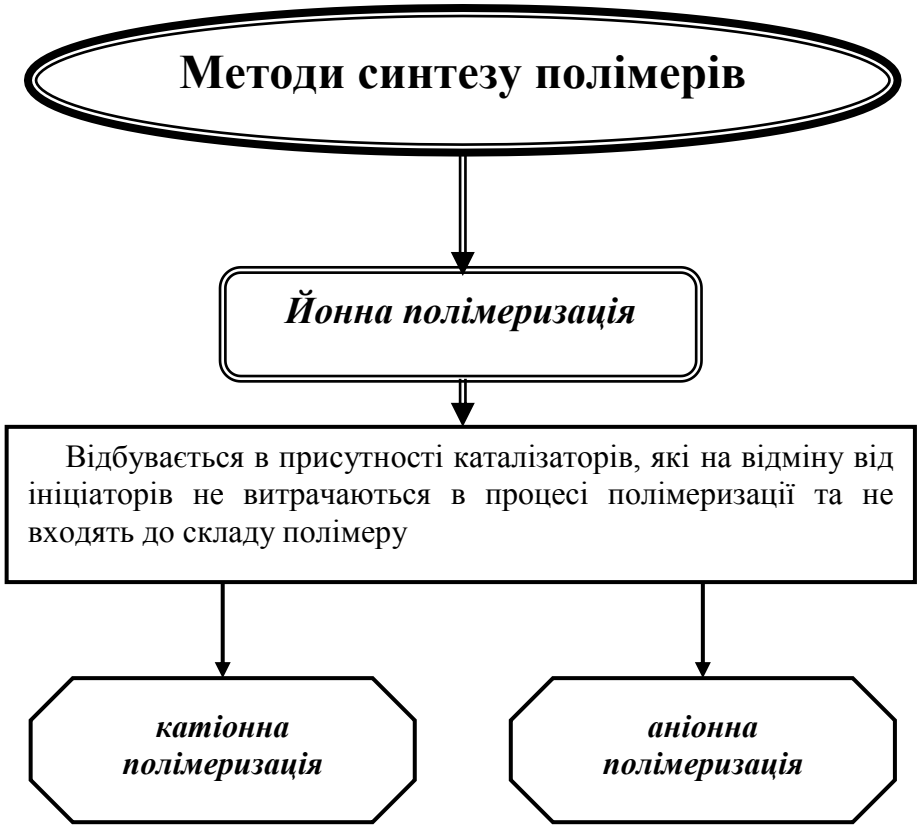


3. Стадія обриву ланцюга



Обрив може відбуватися:

1. Приєднання макрорадикалів один до одного.
2. Диспропорціювання радикалів.
3. Продукти розкладу ініціатора приєднуються до радикала.
4. Інгібітори приєднуються до радикала

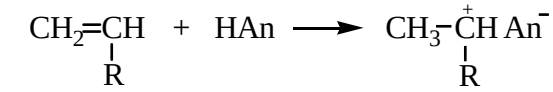

Методи синтезу полімерів
Йонна полімеризація
Відбувається в присутності каталізаторів, які на відміну від ініціаторів не витрачаються в процесі полімеризації та не входять до складу полімеру
катіонна полімеризація
аніонна полімеризація

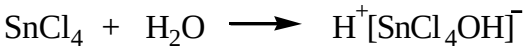
Методи синтезу полімерів

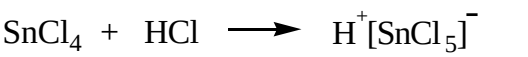
Катіонна полімеризація

Каталізатори

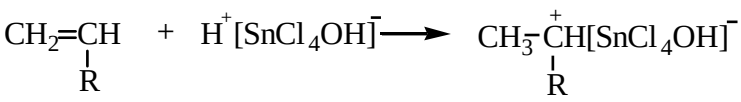
Сильні кислоти або каталізатори Фріделя-Крафтса + сокаталізатори:





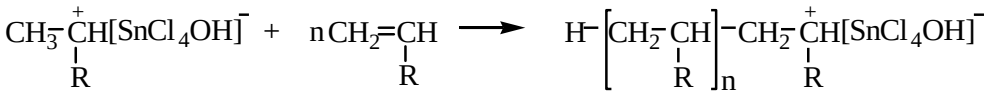


1. Стадія ініціювання



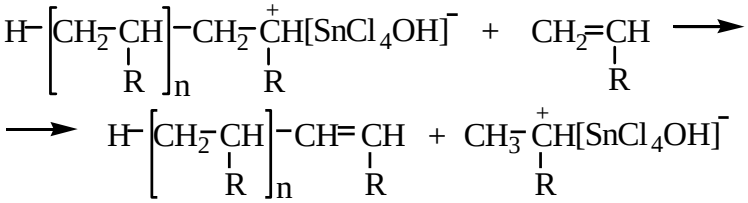
2. Стадія зростання ланцюга

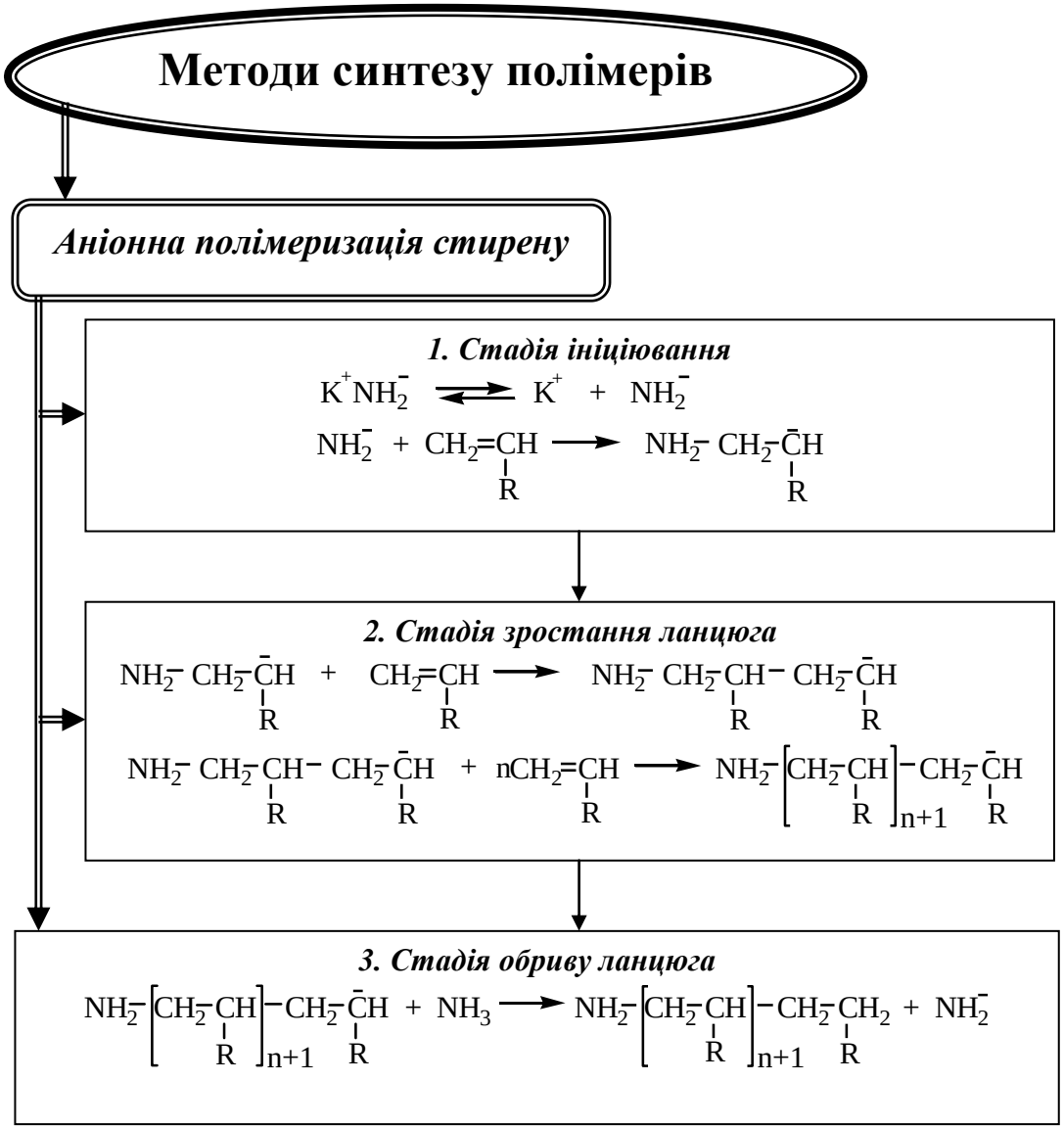
Зростання ланцюга – приєднання молекули мономеру до йона карбонію з наступною його регенерацією:



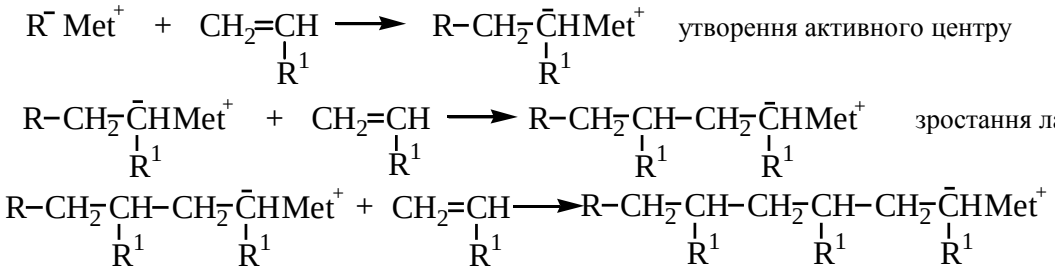
3. Стадія обриву ланцюга

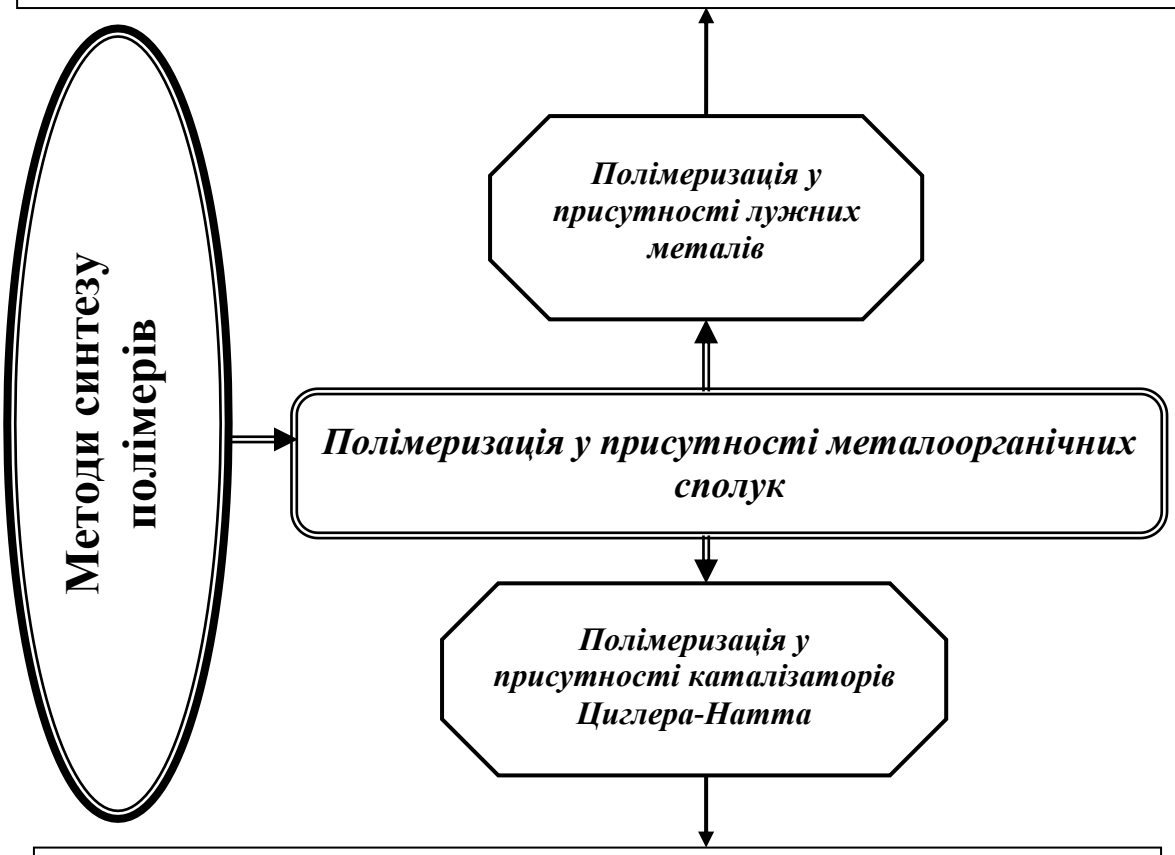
Обрив молекулярного ланцюга – передача ланцюга на мономер:



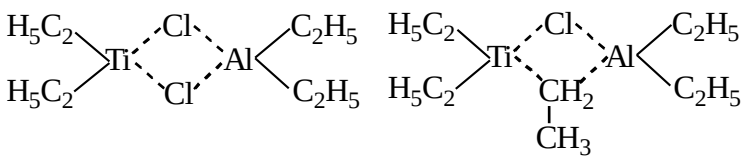

Методи синтезу полімерів
Аніонна полімеризація стирену
1. Стадія ініціювання
2. Стадія зростання ланцюга
3. Стадія обриву ланцюга

Активний центр утворюється шляхом приєднання металоорганічної сполуки до мономеру, а поступове зростання ланцюга відбувається шляхом проникнення мономеру за поляризованим зв'язком метал-карбон:





Використовується в промисловості для синтезу стереорегулярних полімерів. До складу каталізаторів Циглера-Натта входять металоорганічні сполуки I-III груп та хлориди IV-VII груп з перехідною валентністю. Найбільш часто використовуються металоорганічні сполуки алюмінію та хлориди тітану:



Методи синтезу полімерів

Поліконденсація

Поліконденсацією називається реакція з'єднання декількох молекул, яка супроводжується відщепленням низькомолекулярних речовин (H_2O, C_2H_5OH, NH_3, HCl та інш.).

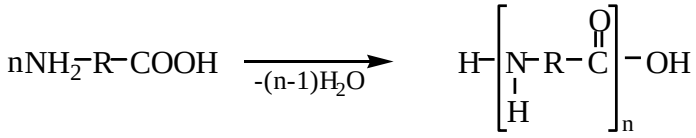
Поліконденсація характерна для сполук, що містять у своєму складі характеристичні групи. При взаємодії цих груп утворюється нова група, що зв'язує залишок реагуючої молекули. При цьому структурні ланки полімеру відрізняються за складом від вихідних мономерів.

Реакції поліконденсації біфункціональних сполук приводять до утворення лінійних полімерів. При поліконденсації сполук з характеристичними групами більше двох утворюються полімери розгалуженої і просторової будови

Гомополіконденсація

Приймають участь однорідні молекули

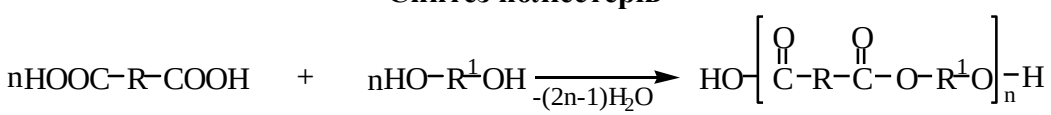
Синтез поліамідів



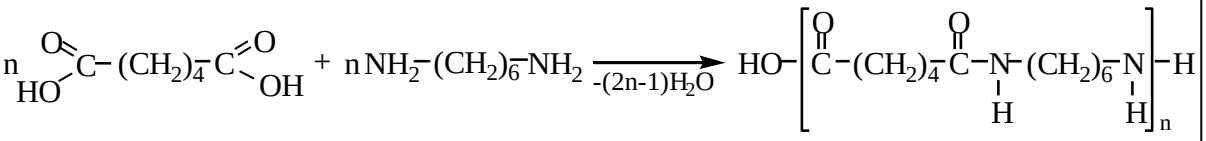
Гетерополіконденсація

Приймають участь різні молекули

Синтез поліестерів

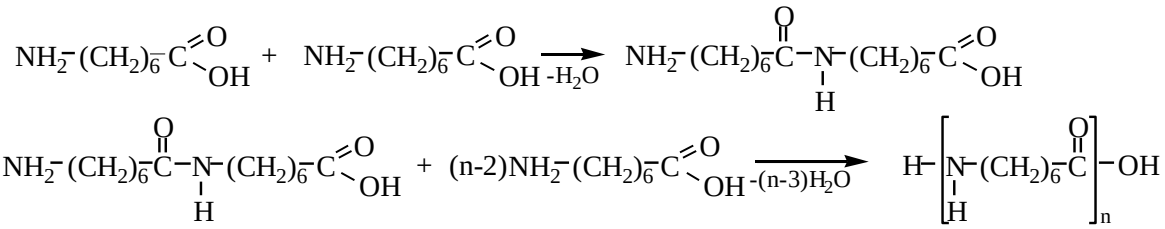


Синтез поліамідів



Методи синтезу полімерів

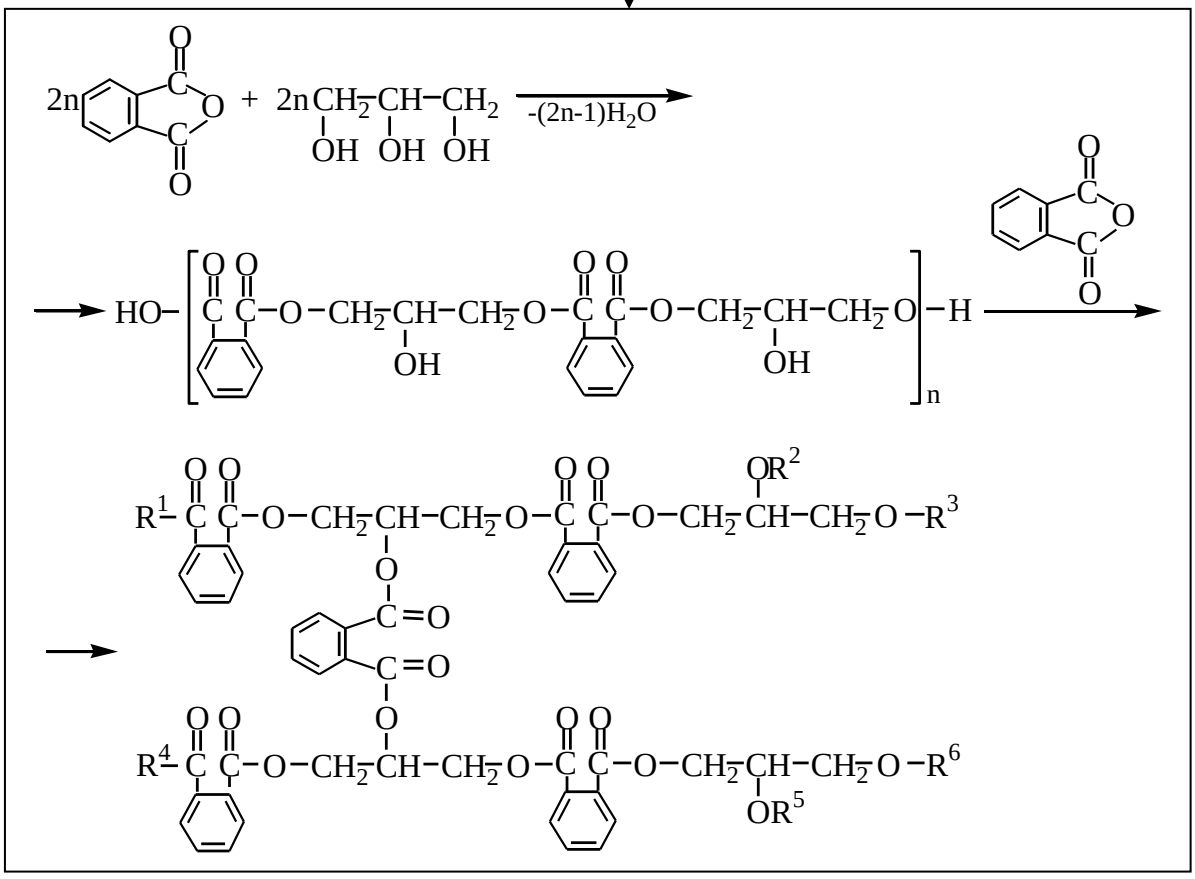
Поліконденсація ε-аміноенантової кислоти



В результаті кожної елементарної реакції конденсації утворюються стійкі сполуки з характеристичними групами вихідної речовини. Характерною особливістю поліконденсації є те, що зростання ланцюга може відбуватися як шляхом взаємодії молекули мономеру з молекулою полімеру або олігомеру, так і в результаті взаємодії останніх між собою

Методи синтезу полімерів

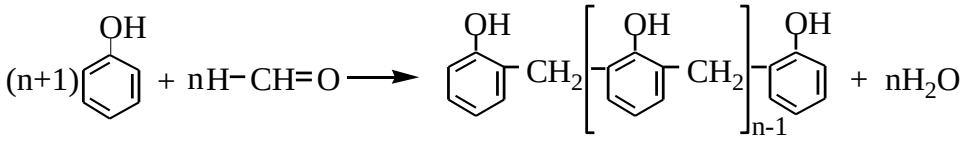
Поліконденсація гліцеролу і фталевої кислоти



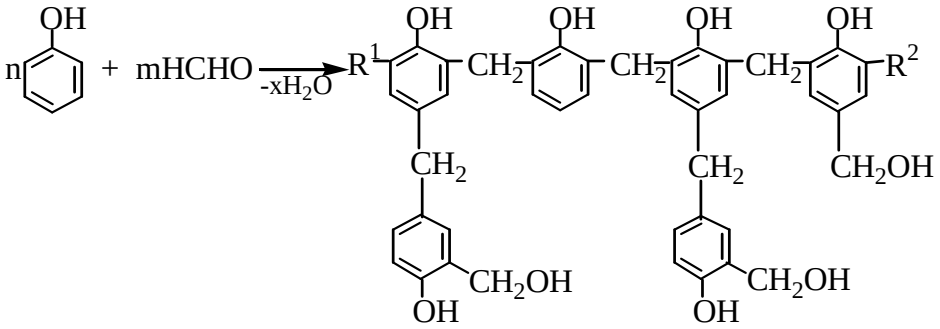
Методи синтезу полімерів

Одержання фенолоформальдегідних смол

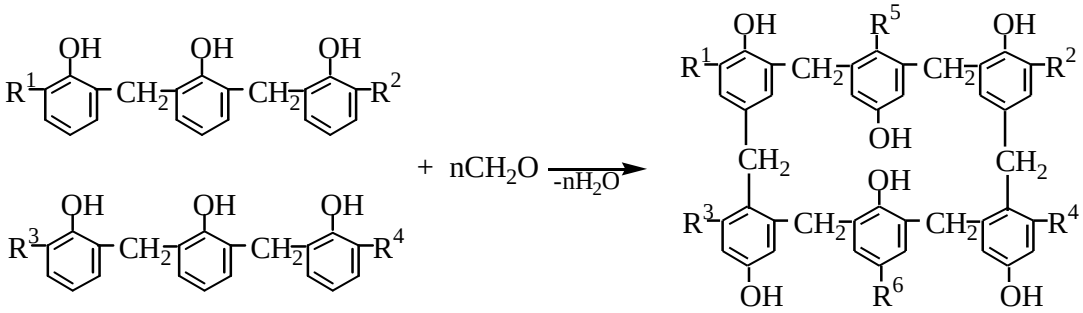
Новолак



Резол

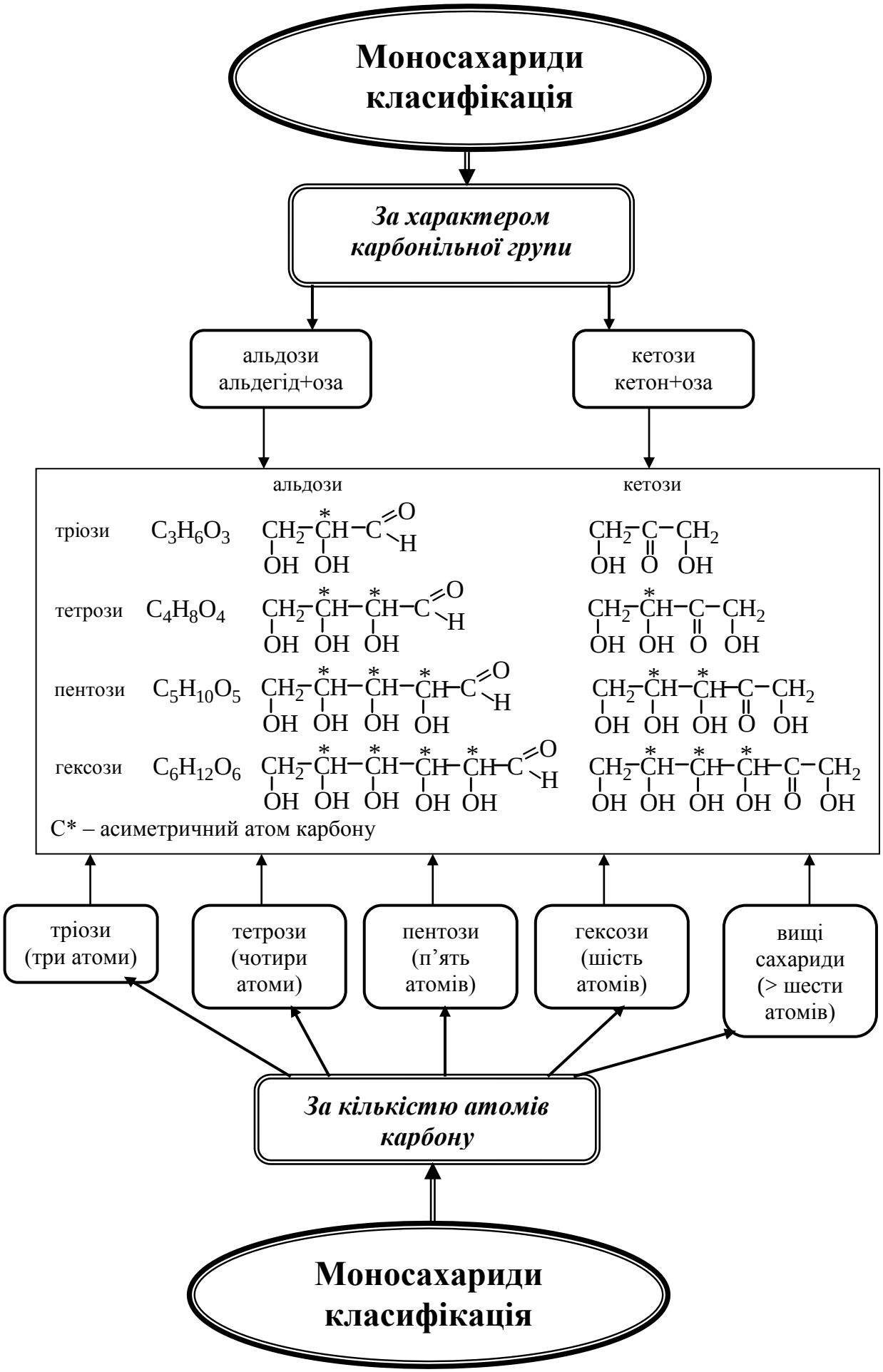


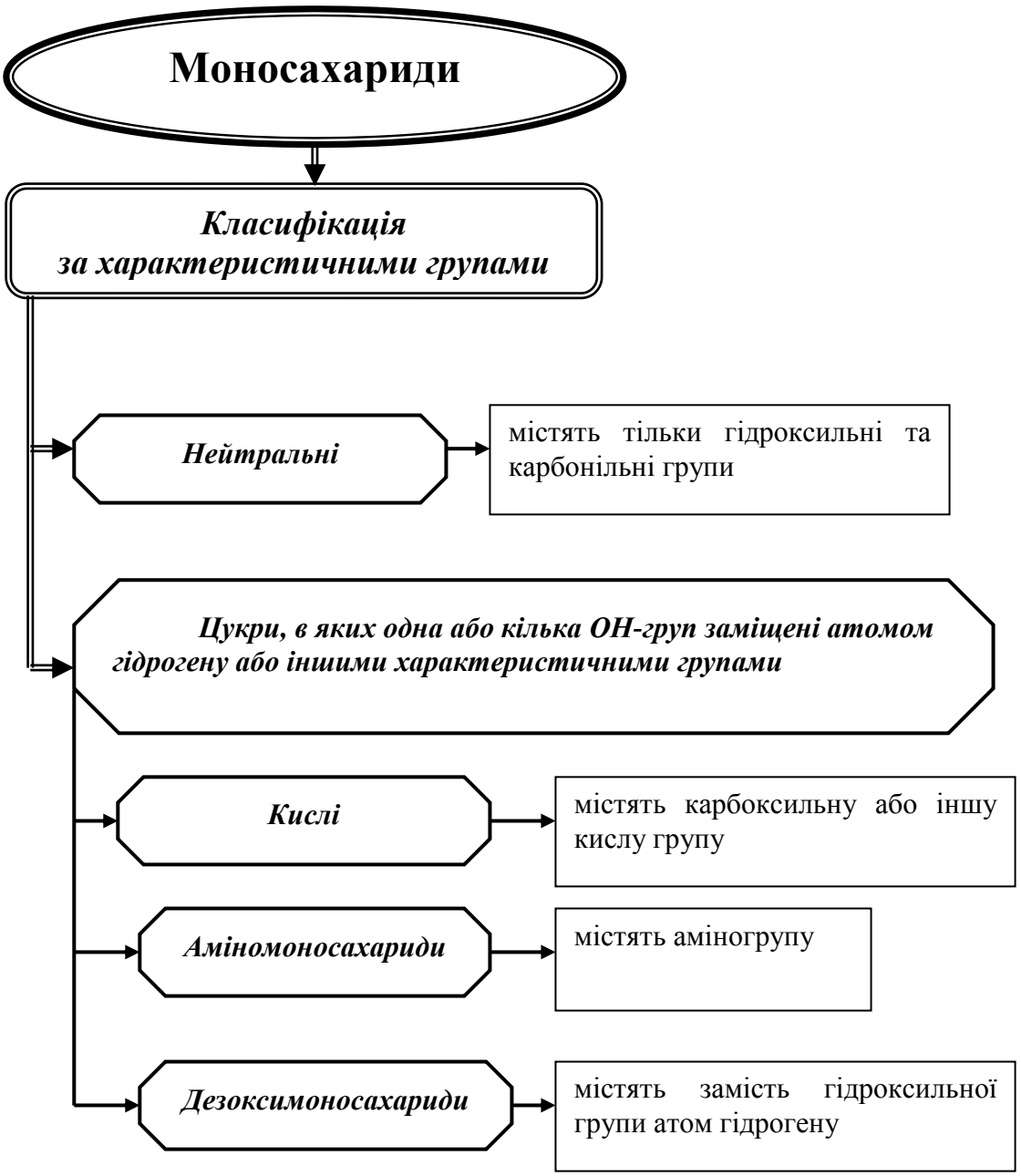
Резит



Вуглеводи
(цукри, сахариди)
Вуглеводи – полігідроксикарбонільні сполуки та їхні похідні.
Більшість із них має брутто-формулу $C_n(H_2O)_m$
Моносахариди
Олігосахариди
Полісахариди
Найпростіші полігідроксикарбонільні сполуки, що не піддаються гідролізу
Проміжний клас вуглеводів, що містять від двох до десяти моносахаридних залишків, здатні гідролізуватися
Природні полімери, що складаються з великої кількості моносахаридних залишків, здатні гідролізуватися

Будова
Номенклатура
Моносахариди
Властивості
Одержання
Характеристика окремих представників та їх похідних
Фізичні
Хімічні


Моносахариди
класифікація
За характером
карбонільної групи
альдози
альдегід+оза
кетози
кетон+оза
альдози
кетози
тріози
$C_3H_6O_3$
тетрози
$C_4H_8O_4$
пентози
$C_5H_{10}O_5$
гексози
$C_6H_{12}O_6$
C* – асиметричний атом карбону
тріози
(три атоми)
тетрози
(чотири
атоми)
пентози
(п’ять
атомів)
гексози
(шість
атомів)
вищі
сахариди
(> шести
атомів)
За кількістю атомів
карбону
Моносахариди
класифікація


Моносахариди
Класифікація
за характеристичними групами
Нейтральні
містять тільки гідроксильні та карбонільні групи
Цукри, в яких одна або кілька ОН-груп заміщені атомом гідрогену або іншими характеристичними групами
Кислі
містять карбоксильну або іншу кислу групу
Аміномоносахариди
містять аміногрупу
Дезоксимоносахариди
містять замість гідроксильної групи атом гідрогену

Моносахариди

Будова | ***Номенклатура***

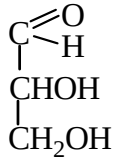
Формули моносахаридів, зображені проекційними формулами Фішера, називаються відкритими (ланцюговими, карбонільними).

Молекули моносахаридів мають декілька центрів хіральності (асиметричних атомів карбону), тому вони існують у вигляді декількох просторових (стерео-) ізомерів.

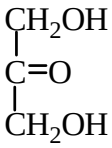
Тетрози мають 4 стереоізомери, пентози – 8, гексози – 16. Кількість стереоізомерів для кожної альдози або кетози певної довжини складає $N = 2^n$ (n – кількість асиметричних атомів карбону).

Природні моносахариди мають оптичну активність. Напрямок оптичного обертання позначають знаками "+" та "–".

Родоначальниками генетичного ряду моносахаридів є хіральний гліцероловий альдегід для альдоз та дигідроксиацетон для кетоз:

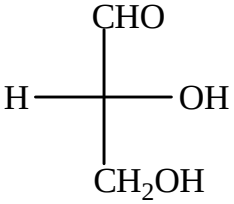


гліцероловий альдегід

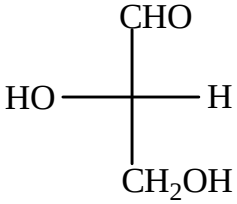


дигідроксиацетон

Найпростіша за будовою альдоза – гліцероловий альдегід (С–3) існує у вигляді двох тріоз – *D*- та *L*-гліцеролові альдегіди:

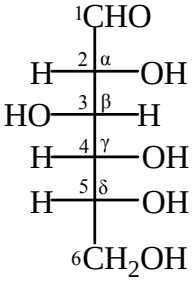


R-(+)D-гліцероловий альдегід

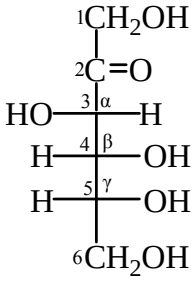


S-(-)L-гліцероловий альдегід

Віднесення вуглеводів до *D*- або *L*-ряду залежить від конфігурації передостаннього хірального атома карбону (порівнюючи розташування замісників у четвертого атома для пентоз і у п'ятого атома карбону для гексоз з гліцероловим альдегідом). Нумерацію починають з того кінця ланцюга, ближче до якого знаходиться карбонільна група. Застосовують також позначення α-, β-, γ- тощо по відношенню до карбонільної групи:



D-глюкоза

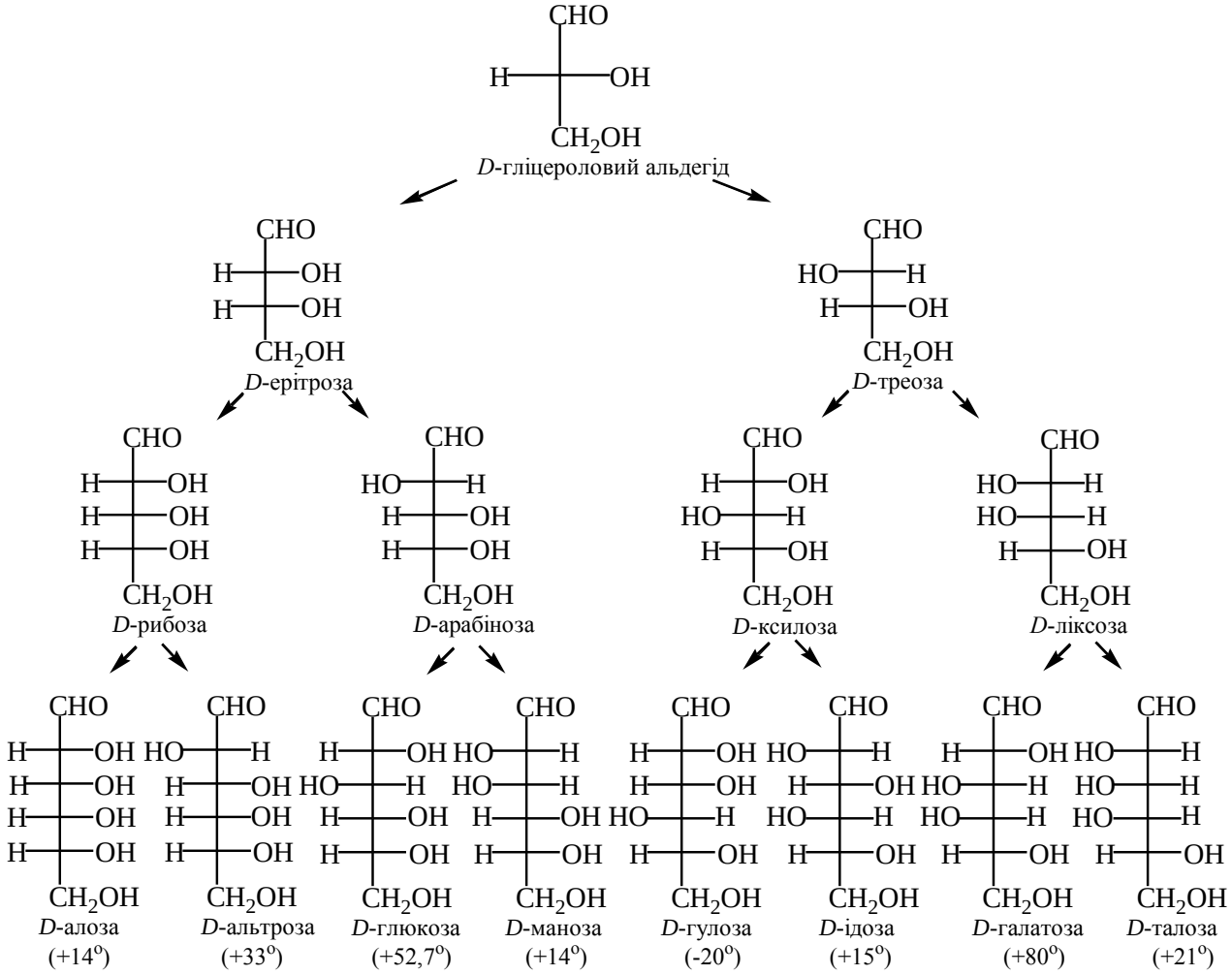


D-фруктоза

Моносахариди

Будова та номенклатура

Генетичний ряд D-альдоз

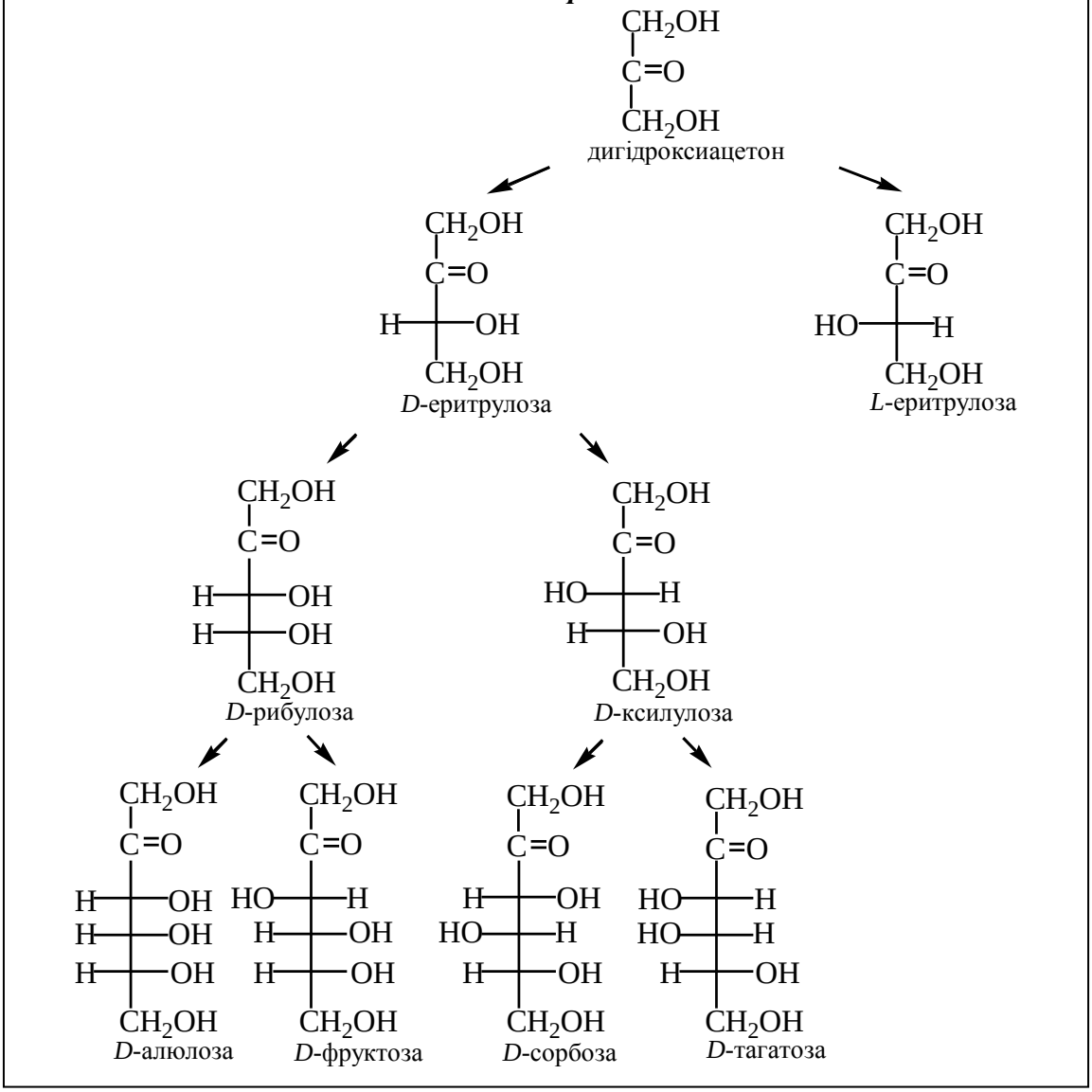


Такий же ряд існує і для *L*-гліцеролового альдегіду

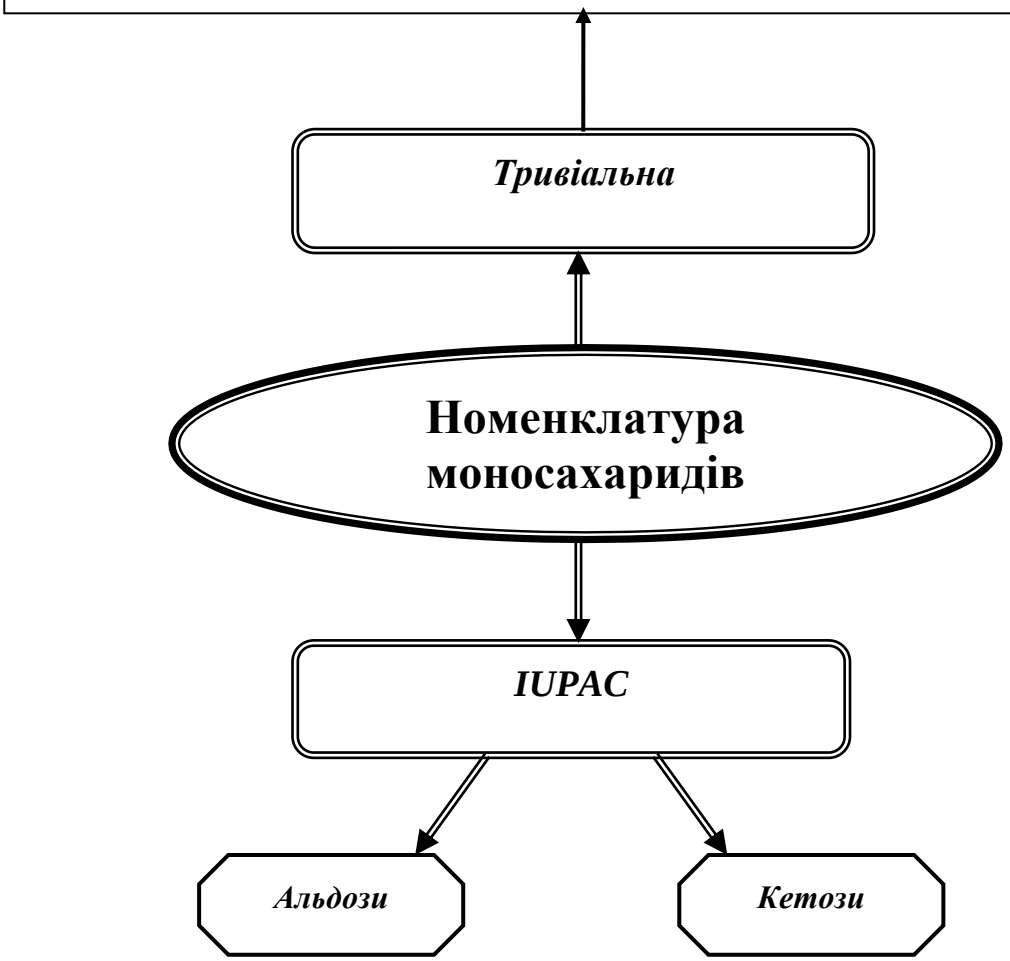
Моносахариди

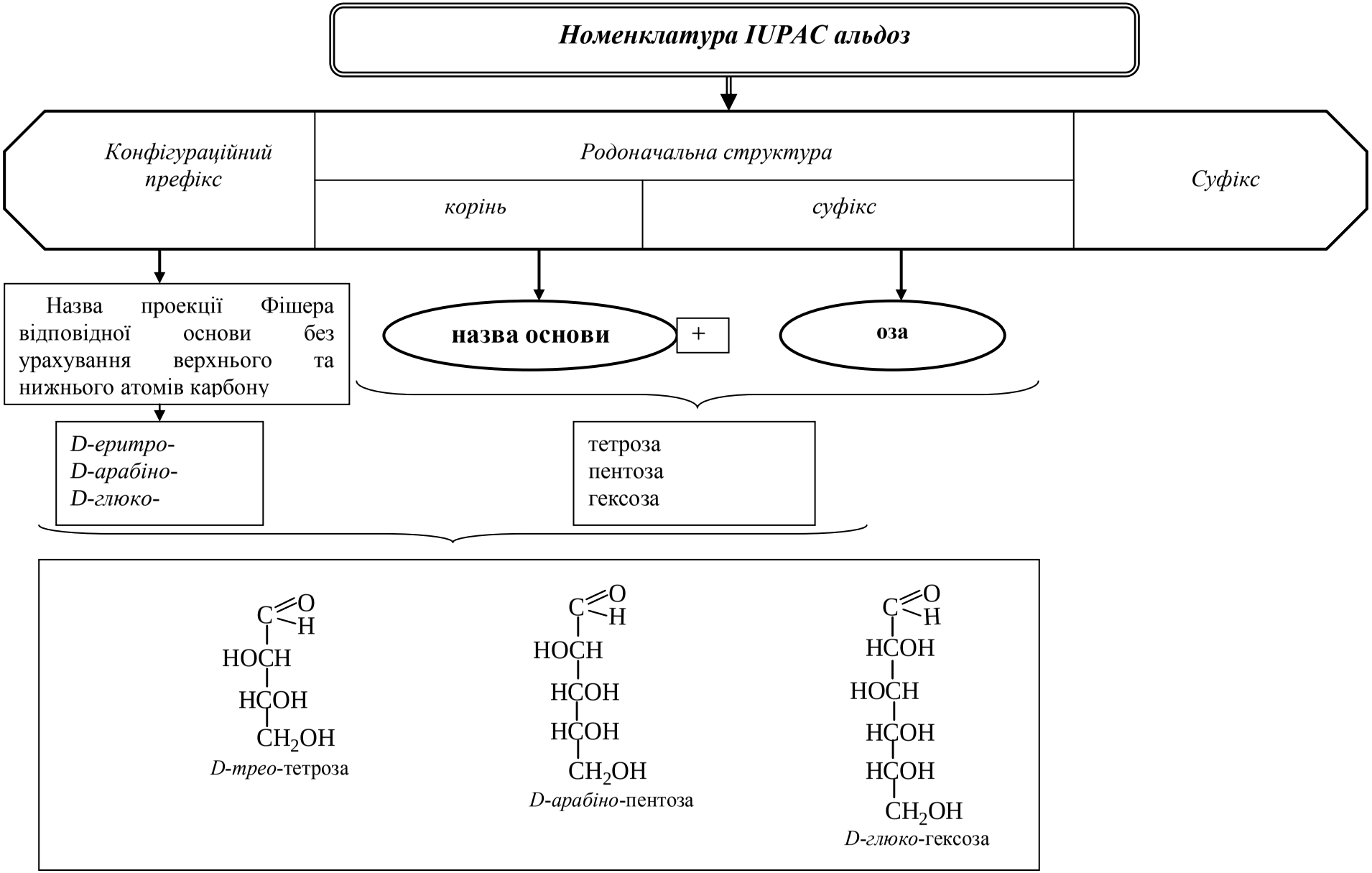
Будова та номенклатура

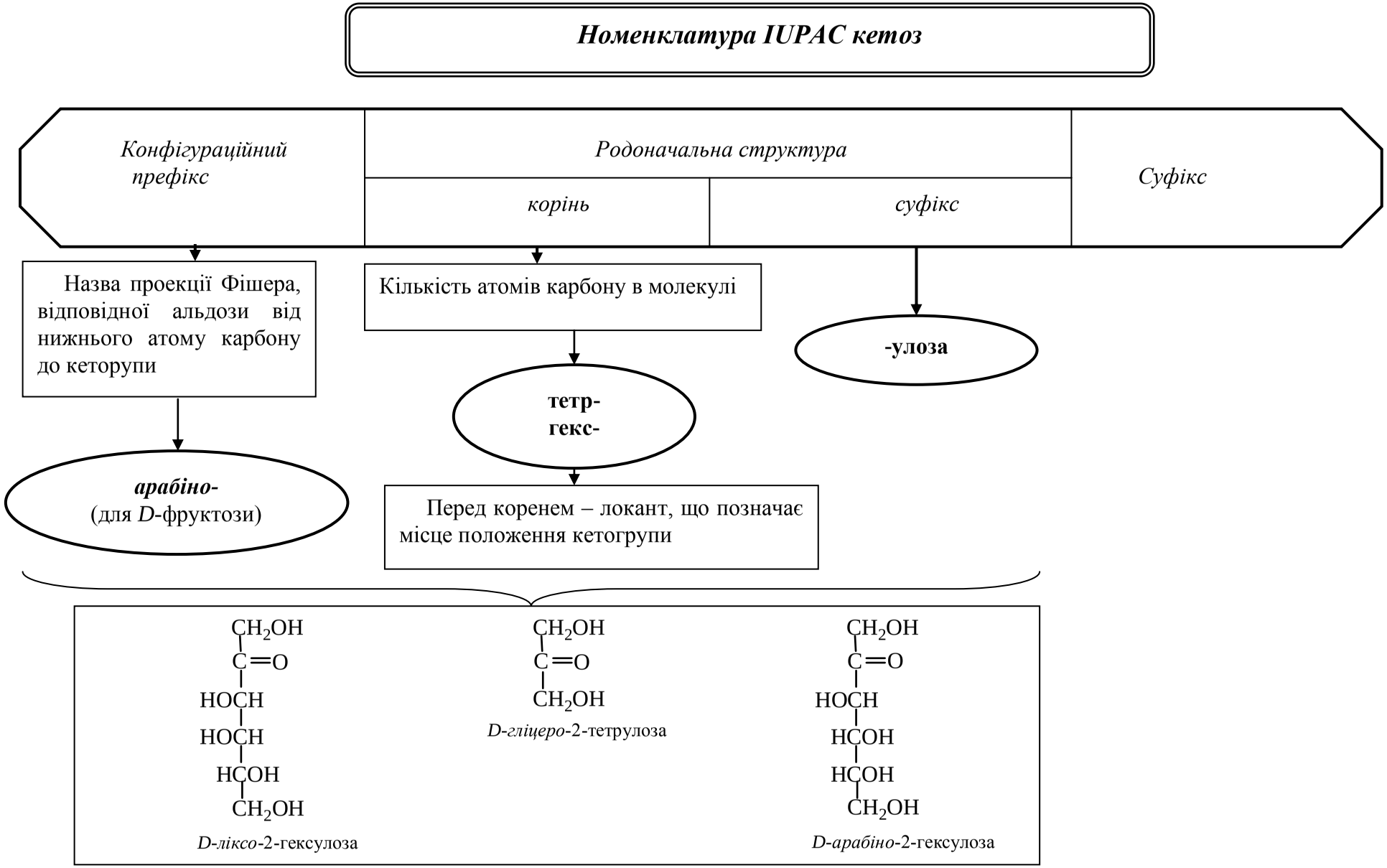
Генетичний ряд D-кетоз



Повну загальну назву моносахариду утворюють з префікса *альдо-* або *кето-*, до якого додають назву числівника і закінчення (суфікса) *-оза*. Пентози $C_5H_{10}O_5$ з альдегідною групою називаються альдопентозами (рибоза, арабіноза, ксилоза, ліксоза). Тривіальні назви тетра- і пентакетоз утворені з назв відповідних за структурою альдоз із суфіксом -улоза (рибулоза, ксилулоза). Для гексакетоз існують і тривіальні назви (алюлоза, фруктоза, сорбоза, тагатоза тощо)




Номенклатура IUPAC альдоз
Конфігураційний префікс
Родоначальна структура
корінь
суфікс
Суфікс
Назва проекції Фішера відповідної основи без урахування верхнього та нижнього атомів карбону
назва основи
+
оза
D-еритро-
D-арабіно-
D-глюко-
тетроза
пентоза
гексоза
D-трео-тетроза
D-арабіно-пентоза
D-глюко-гексоза

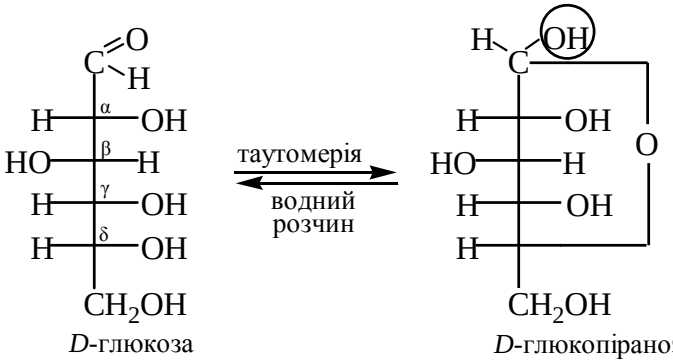

Номенклатура IUPAC кетоз
Конфігураційний префікс
Родоначальна структура
корінь
суфікс
Суфікс
Назва проекції Фішера, відповідної альдози від нижнього атому карбону до кеторупи
Кількість атомів карбону в молекулі
-улоза
тетр-
гекс-
арабіно-
(для D-фруктози)
Перед коренем – локант, що позначає місце положення кетогрупи
D-ліксо-2-гексулоза
D-гліцеро-2-тетрулоза
D-арабіно-2-гексулоза

Будова моносахаридів

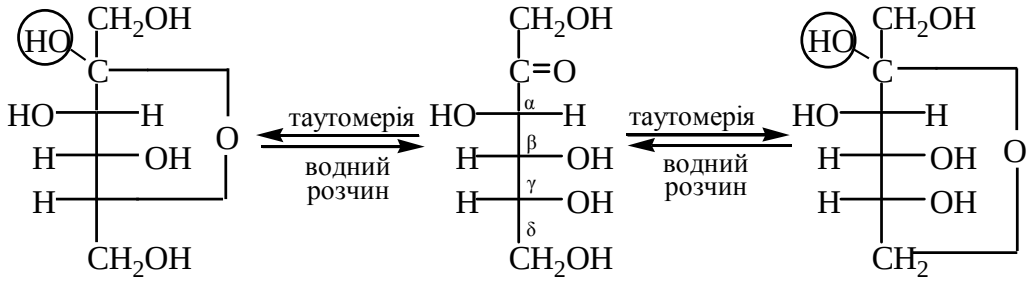
Цикло-ланцюгова таутомерія

Таутомерія циклічної та відкритої форм називається цикло-ланцюговою таутомерією. При цьому у моносахаридів можуть утворюватися напівацеталі.

Напівацеталь глюкози утворюється внутрішньомолекулярним способом при взаємодії карбонільної групи з гідроксилом біля *δ*-атома карбону, фруктози – з *γ*- або *δ*-атомами карбону (формули Коллі-Толленса):



D-глюкоза *D*-глюкопіраноза



D-фруктофураноза *D*-фруктоза *D*-фруктопіраноза

Напівацетальний гідроксил називають *глікозидним гідроксилом,* за хімічними властивостями він відрізняється від інших гідроксилів, зокрема, більш реакційноздатний.

Напівацеталі існують у шестичленній піранозній формі (*δ*-формі), назва якої походить від циклу пірану, і п’ятичленній фуранозній формі (*γ*-формі) – від циклу фурану

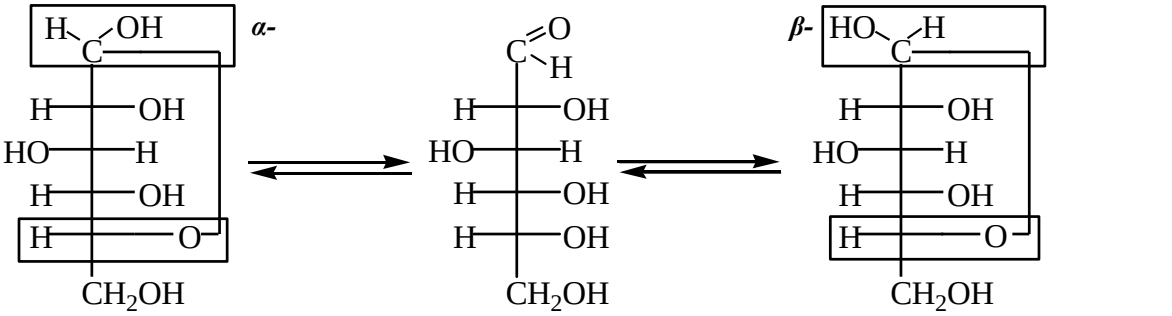
Будова моносахаридів

Аномери та епімери моносахаридів

Напівацетальна форма характерна для кристалічного стану гексоз. У водних розчинах утворюється рівноважна суміш циклічної та відкритої форм.

Циклічна будова моносахаридів являє собою *α*- або *β*-форми, які називаються аномерами. Аномери мають різні температури плавлення, різні кути обертання площини поляризованого світла і є діастереоізомерами.

Аномери – діастереоізомери, що відрізняються між собою лише конфігурацією при аномерному, або напівацетальному, атомі карбону. Для *α*-форми характерне розташування глікозидного гідроксилу з того самого боку, що і гідроксил, який визначає конфігурацію моносахариду в цілому (*D*- або *L*-) і приймає участь в утворенні циклу. *β*-Форма існує при розміщенні цих гідроксилів по різні боки циклу.

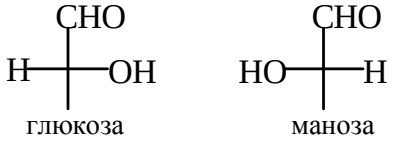


α-D-глюкопіраноза +112°, 36 % *D*-глюкоза 0,02 % *β-D*-глюкопіраноза +12°, 64 %

При розчиненні однієї із форм у воді завжди відбувається часткова ізомеризація одного аномеру в іншій через стадію відкритої форми до встановлення рівноваги між ними з кінцевим кутом обертання 52,7°. Таке явище називається *мутаротацією.*

Відмінність конфігурації іншого, другого зверху, хірального атома карбону викликає утворення епімерів.

Епімери – діастереомери з декількома хіральними атомами, що відрізняються конфігурацією лише при одному (епімерному атомі):



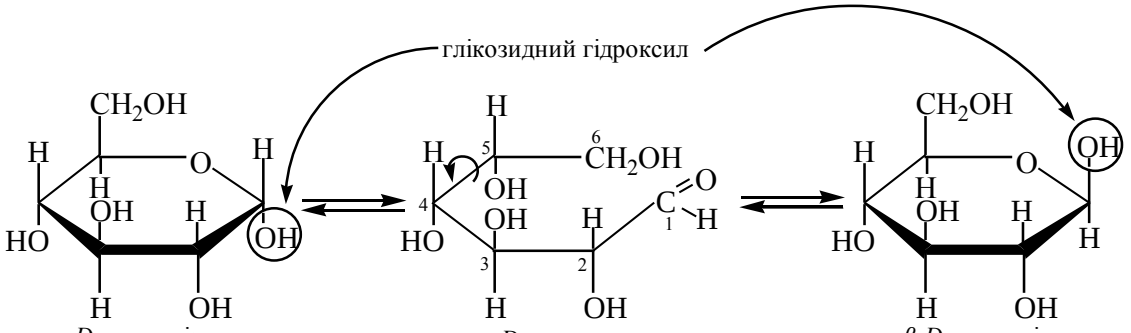
глюкоза маноза

Моносахариди

Будова альдогексоз

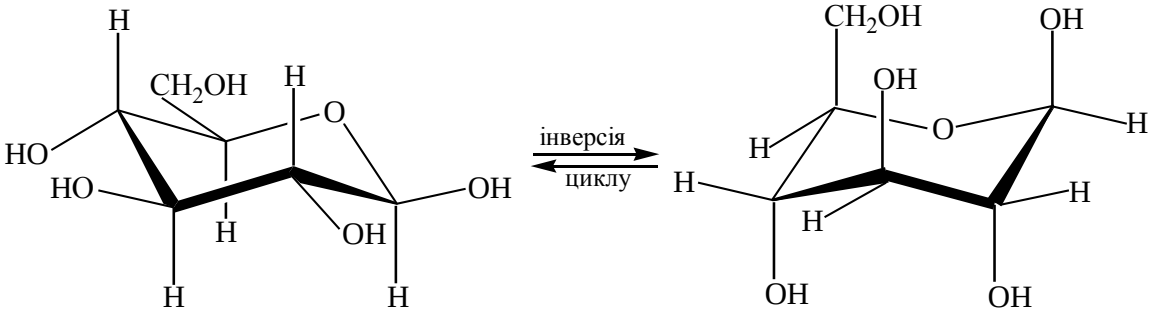
Формули Хеуорса

Будову моносахаридів у циклічній формі зручно зображати перспективними формулами У. Хеуорса. У формулах Хеуорса піранозні та фуранозні цикли подають у вигляді плоских багатокутників, що розміщені перпендикулярно площині рисунку. При цьому замісники розташовують вище та нижче площини циклу. При переході від циклічних формул Коллі-Толленса замісники, що у проекціях Фішера знаходяться праворуч, у формулах Хеуорса розміщують під площиною циклу, а замісники, розташовані ліворуч – над площиною циклу. У піранозних форм альдогексоз *D*-ряду група CH_2OH (С6) розміщується над площиною циклу:



α-D-глюкопіраноза — *D*-глюкоза (альдегідна форма) — *β-D*-глюкопіраноза

Глюкоза (і фруктоза), як і всі шестичленні цикли, не мають плоскої будови, а існують у вигляді просторових конформерів у формі крісла:



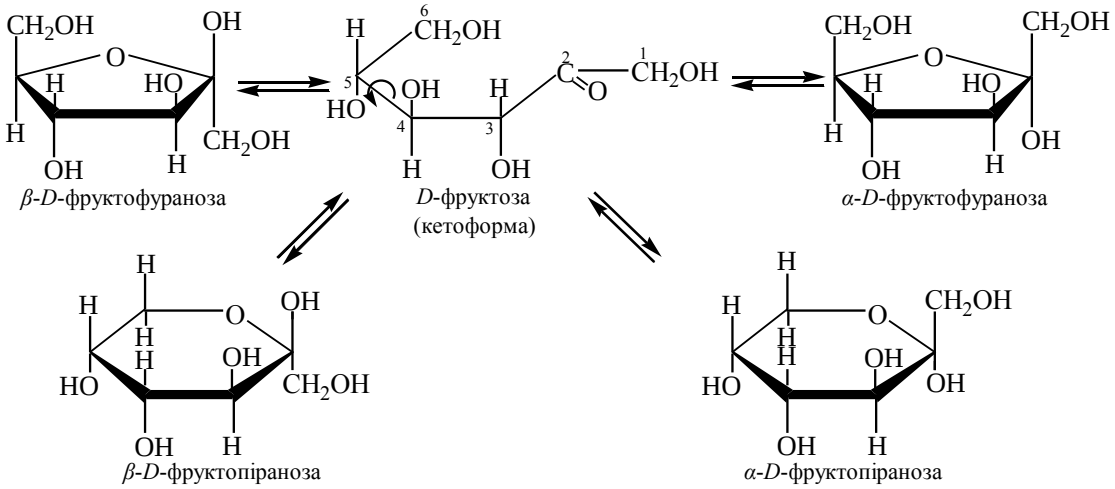
β-D-глюкопіраноза

Моносахариди

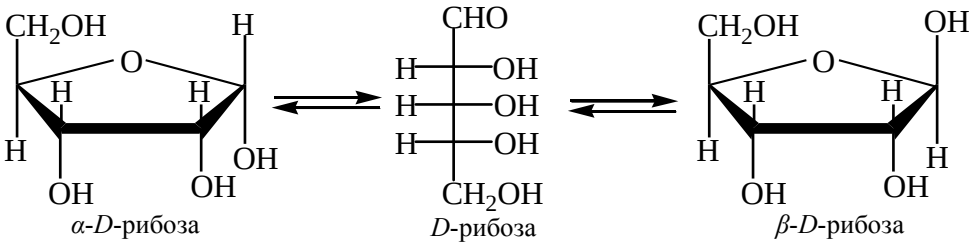
Будова кетоз

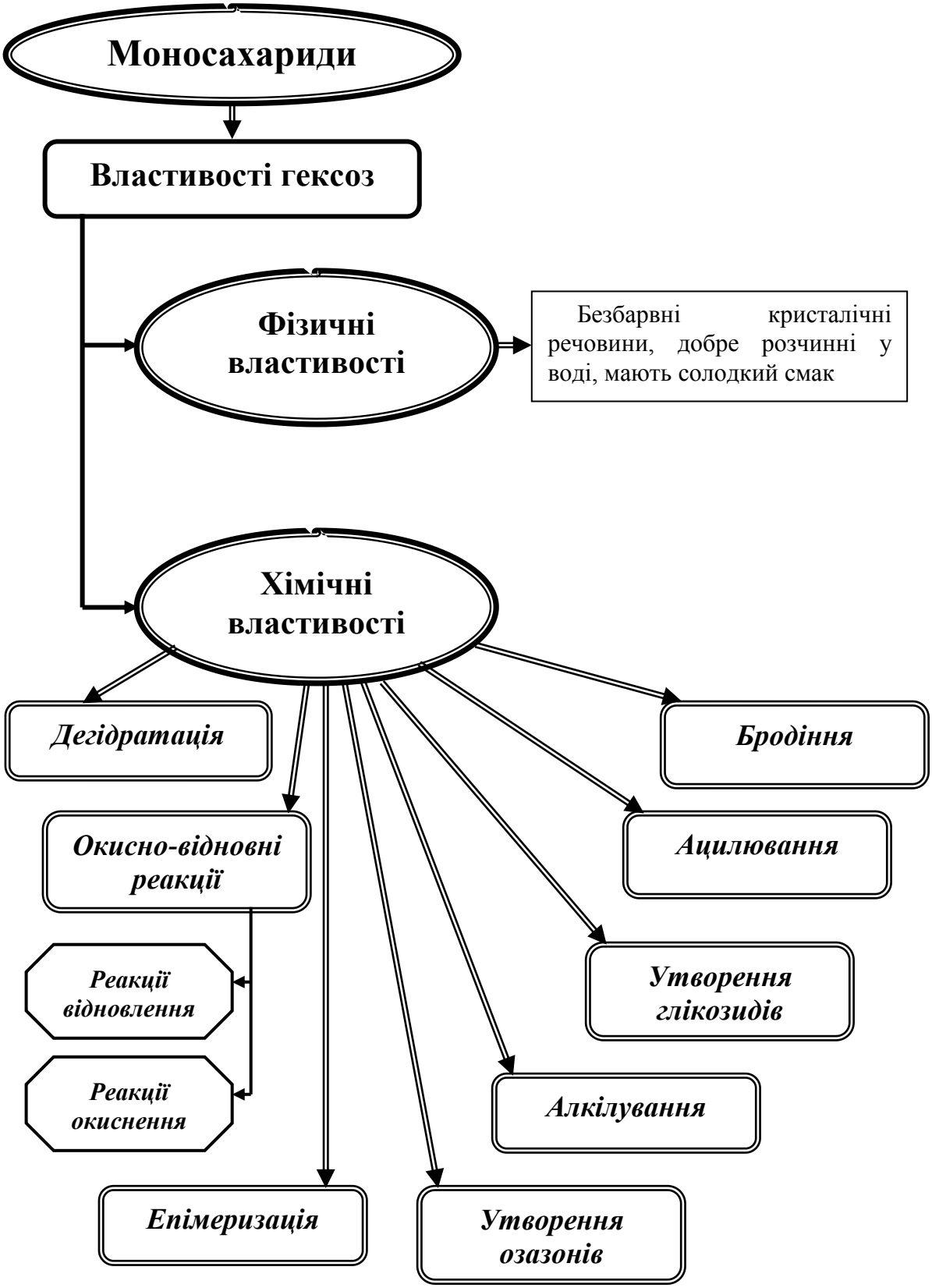
Формули Хеуорса

Для кетогексоз характерні як фуранозні, так і піранозні циклічні структури. У фуранозних форм кетогексоз *D*-ряду розміщення групи CH_2OH (C1) буде різним для *α*- та *β*-аномерів:



Формули Хеуорса циклічних фуранозних форм *α*- та *β*-аномерів альдопентози *D*-рибози:




Моносахариди
Властивості гексоз
Фізичні властивості
Безбарвні кристалічні речовини, добре розчинні у воді, мають солодкий смак
Хімічні властивості
Дегідратація
Окисно-відновні реакції
Реакції відновлення
Реакції окиснення
Епімеризація
Утворення озазонів
Алкілування
Утворення глікозидів
Ацилювання
Бродіння

Моносахариди

Хімічні властивості

Окисно-відновні реакції

Реакції відновлення

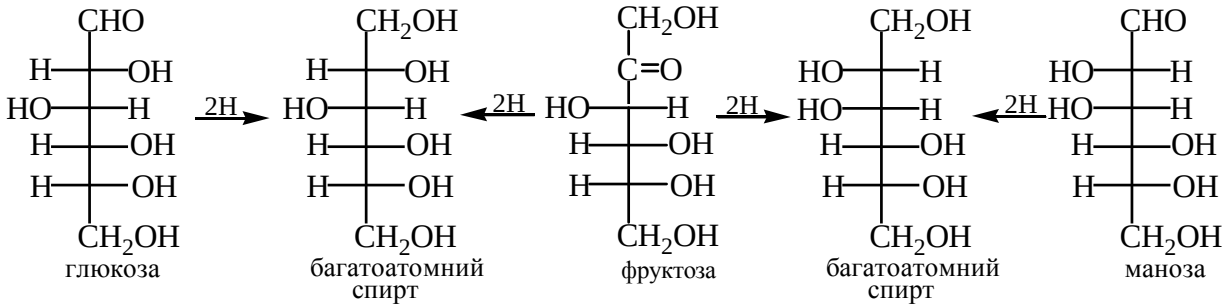
Хімічне відновлення

Реагент: $Na/Hg + H_2SO_4$; $NaBH_4$.

Каталітичне відновлення

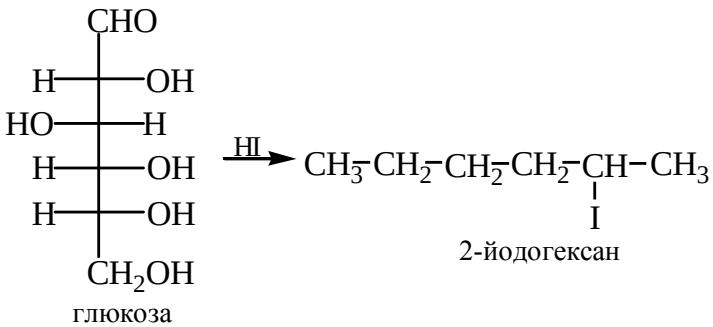
Реагент: H_2.

Умови: kat.



Дія сильних відновників

Реагент: HI.



Моносахариди

Хімічні властивості

Окисно-відновні реакції

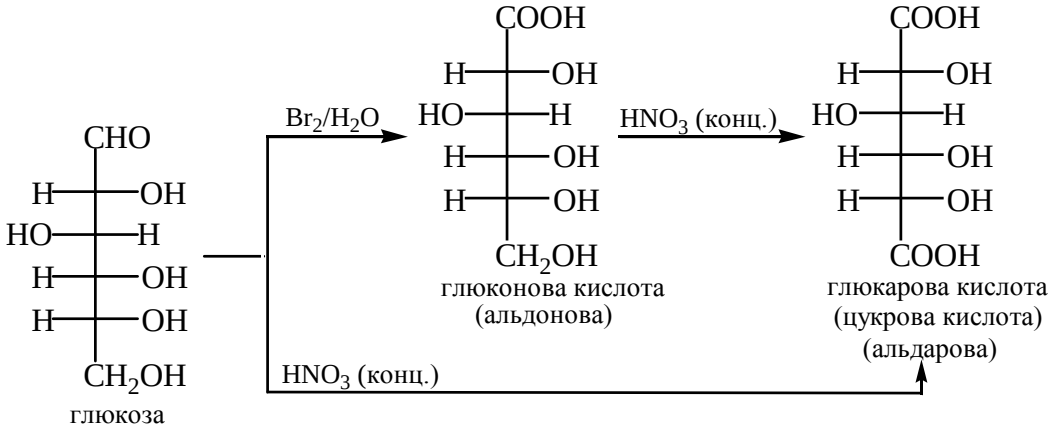
Реакції окиснення

Реагент: м'які окисники (Br_2/H_2O; HNO_3 (розв.)).
Умови: нейтральне або кисле середовище.

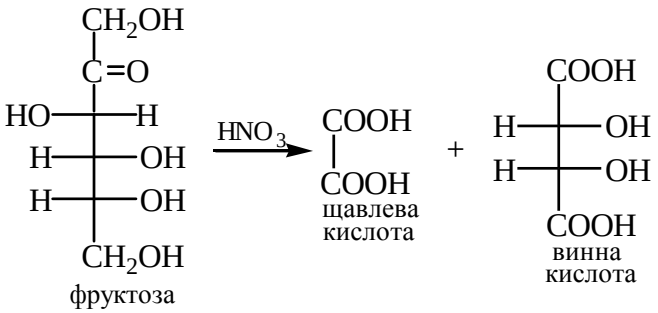
Окиснюється тільки альдегідна група, утворюються пентагідроксикарбонові (альдонові) кислоти, які звичайно існують у вигляді *δ*- або *γ*-лактонів.

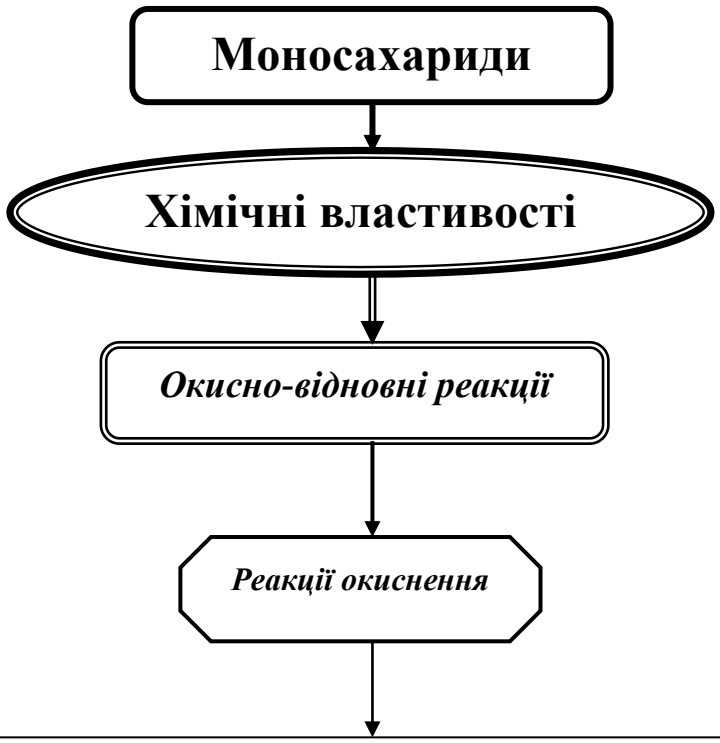
Реагент: сильні окисники (HNO_3 (конц.)).

Окиснюється і альдегідна і кінцева первинна спиртова група з утворенням альдарових (двохосновних) кислот:



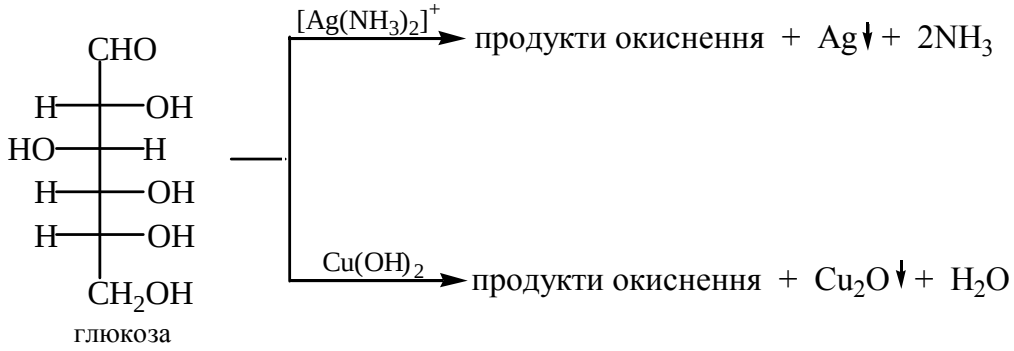
Фруктоза окиснюється важче, ніж глюкоза, і часто з розщепленням карбонового ланцюга:





Реагент: реактив Толленса, реактив Фелінга.
Умови: лужне середовище.

Окиснення відбувається з розщепленням карбонового ланцюга та з утворенням продуктів окиснення:



Фруктоза також відновлює $[Ag(NH_3)_2]^+$ та $Cu(OH)_2$, на відміну від кетонів. Це відбувається внаслідок утворення в лужному середовищі певної кількості манози при епімеризації фруктози.

Реагент: концентровані розчини лугів.

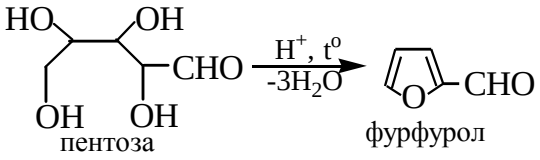
Моносахариди осмолюються з утворенням складної суміші продуктів окиснення, розщеплення, поліконденсації тощо

Моносахариди

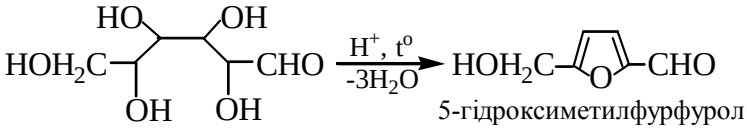
Хімічні властивості

Дегідратація

Умови: кисле середовище, нагрівання.



пентоза — фурфурол

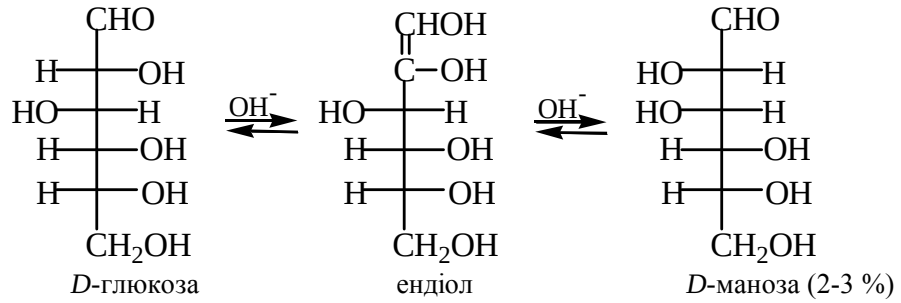


гексоза — 5-гідроксиметилфурфурол

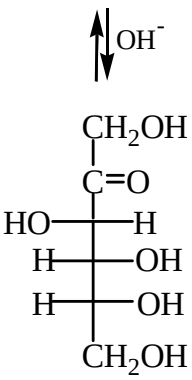
Епімеризація

Перегрупування Лобрі-де-Брютна-ван-Екенштейна
(кето-енольна таутомерія)

Умови: слабко лужне середовище.



D-глюкоза — ендіол — *D*-маноза (2-3 %)



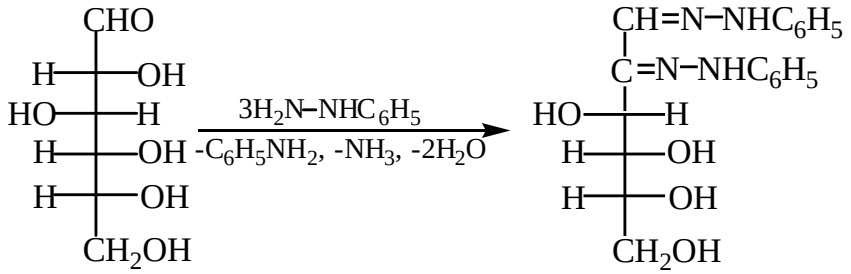
D-фруктоза (~ 31 %)

Моносахариди

Хімічні властивості

Утворення озазонів

Реагент: 3 моль $H_2N–NHC_6H_5$.



D-глюкоза — озазон (дифенілгідразон)

Епімерні моносахариди, наприклад *D*-глюкоза і *D*-маноза, а також *D*-фруктоза, утворюють при цьому ідентичні озазони. Озазони являють собою сполуки, які забарвлені в жовтий колір. Е. Фішер використовував озазони для виділення та ідентифікації моносахаридів

Моносахариди

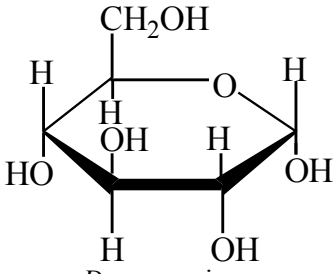
Хімічні властивості

Утворення глікозидів

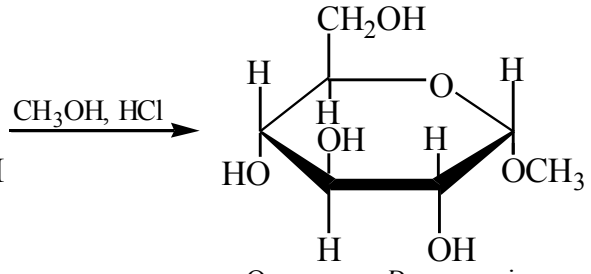
Реагент: R–OH; Ar–OH.

Умови: кисле середовище.

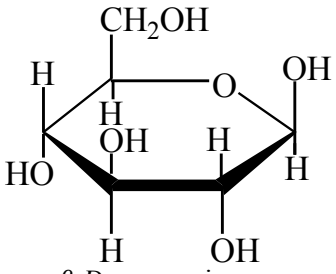
Реагують глікозидні гідроксильні групи з утворенням ацеталей або кеталей.



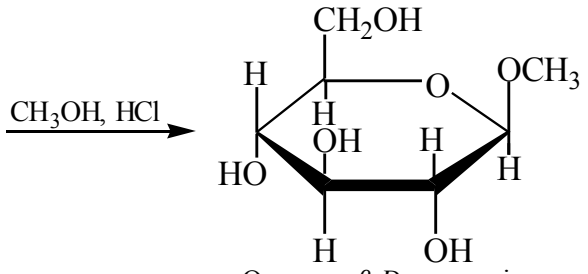
α-D-глюкопіраноза



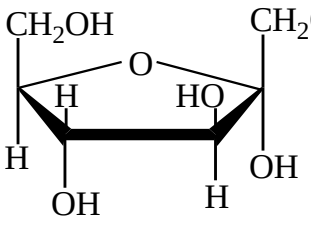
О-метил-*α-D*-глюкопіранозид
(метил-*α-D*-глюкоза)



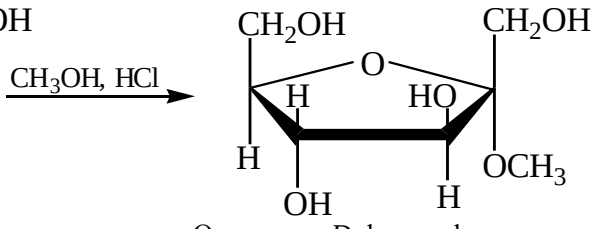
β-D-глюкопіраноза



О-метил-*β-D*-глюкопіранозид
(метил-*β-D*-глюкоза)



α-D-фруктофураноза



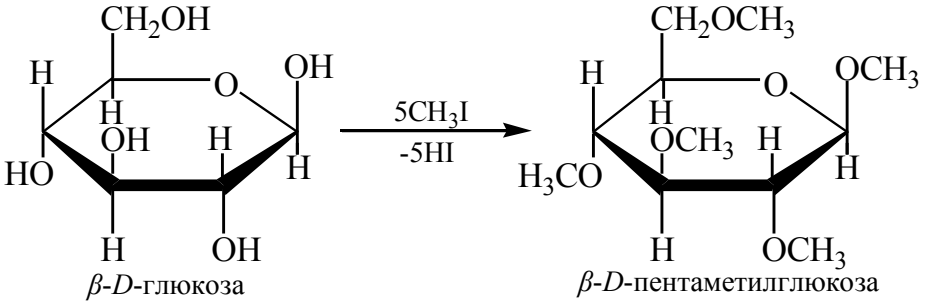
О-метил-*α-D*-фруктофуранозид

Моносахариди

Хімічні властивості

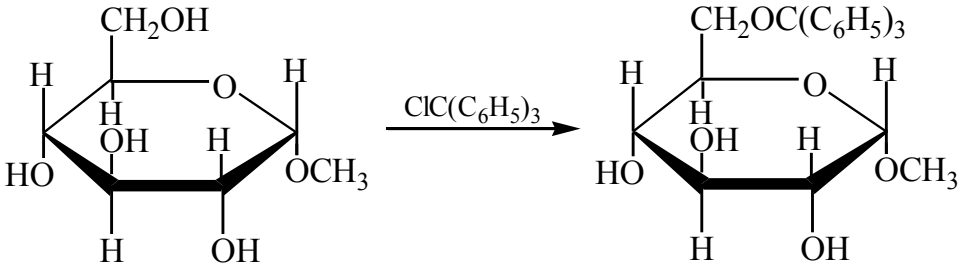
Алкілування

Реагент: CH_3I; $(CH_3O)_2SO_2$.



β-D-глюкоза — *β-D*-пентаметилглюкоза

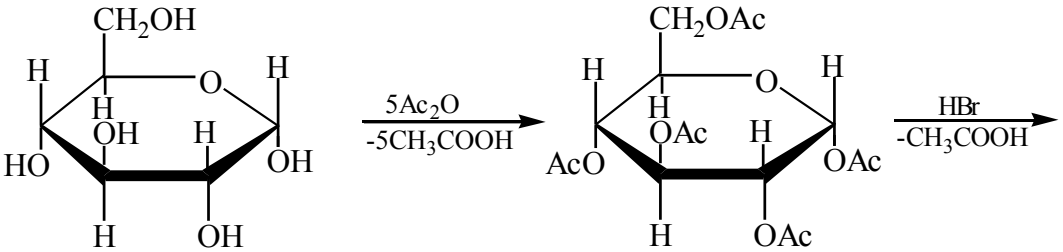
Реагент: $ClC(C_6H_5)_3$ (TrCl).



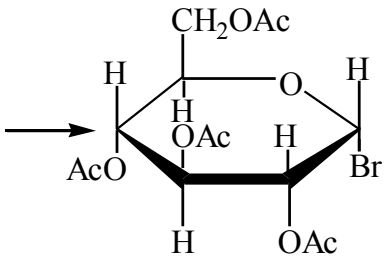
метил-*α-D*-глюкоза — метил-6-тритил-*α-D*-глюкопіранозид

Ацилювання

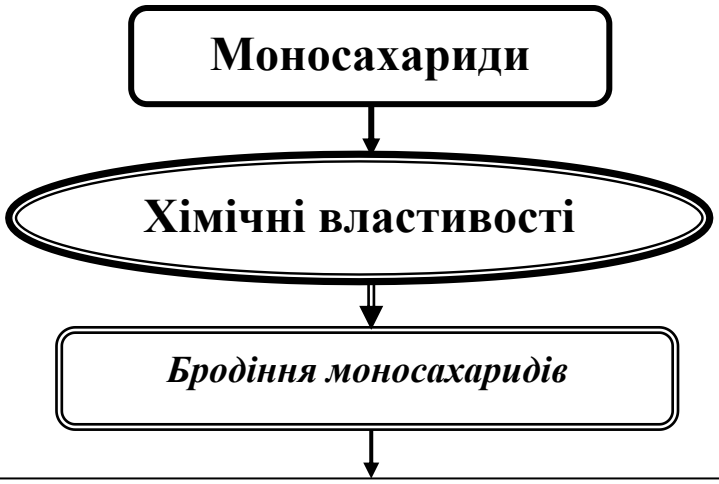
Реагент: 1. $(CH_3CO)_2O$. 2. HBr/CH_3COOH.



α-D-глюкоза — *α-D*-пентаацетилглюкоза



α-D-тетраацетилбромоглюкоза



Спиртове бродіння

Умови: фермент зимаза.

глюкоза → гліцероловий альдегід → гліцеролова кислота → піровиноградна кислота → оцтовий альдегід → етиловий спирт

$$\underset{\text{глюкоза}}{C_6H_{12}O_6} \xrightarrow{\text{фермент}} 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

Молочнокисле бродіння (лактатне)

Умови: молочнокислі бактерії.

глюкоза → гліцероловий альдегід → гліцеролова кислота → піровиноградна кислота → молочна кислота

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{фермент}} 2CH_3-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-COOH$$

Крім молочної кислоти також одержується оцтова кислота, етиловий спирт, вуглекислий газ.

Гліцеролове бродіння

Умови: фермент.

глюкоза → гліцероловий альдегід → гліцерол

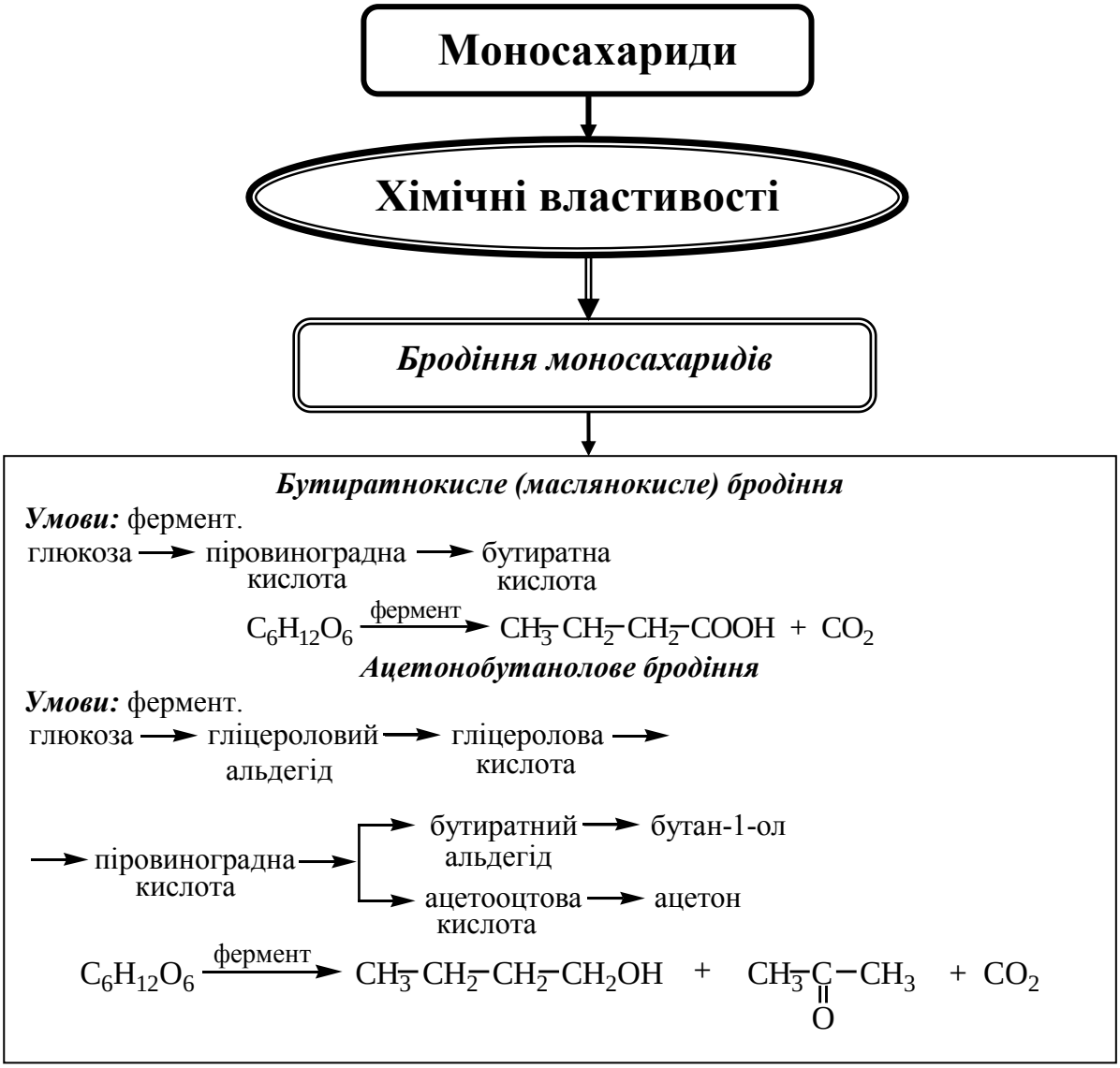
$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{фермент}} 2\underset{\underset{OH}{|}}{CH_2}-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-\underset{\underset{OH}{|}}{CH_2}$$

Пропіоновокисле бродіння

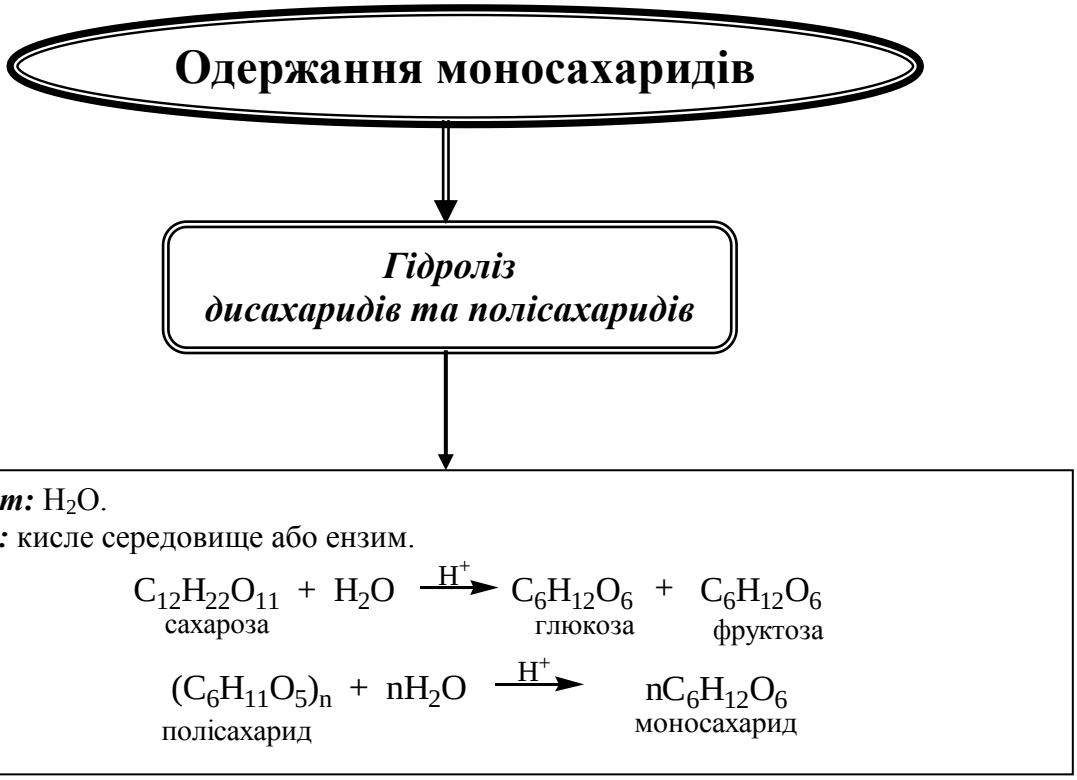
Умови: фермент.

глюкоза → гліцероловий альдегід → гліцеролова кислота → піровиноградна кислота → щавлевооцтова кислота → яблучна кислота → фумарова кислота → бурштинова кислота → пропіонова кислота

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{фермент}} CH_3-CH_2-COOH + CO_2$$


Моносахариди
Хімічні властивості
Бродіння моносахаридів
Бутиратнокисле (маслянокисле) бродіння
Умови: фермент.
глюкоза → піровиноградна кислота → бутиратна кислота
C6H12O6 фермент → CH3–CH2–CH2–COOH + CO2
Ацетонобутанолове бродіння
Умови: фермент.
глюкоза → гліцероловий альдегід → гліцеролова кислота →
→ піровиноградна кислота → бутиратний альдегід → бутан-1-ол
→ піровиноградна кислота → ацетооцтова кислота → ацетон
C6H12O6 фермент → CH3–CH2–CH2–CH2OH + CH3–C(=O)–CH3 + CO2

Гідроліз дисахаридів та полісахаридів
Альдольна конденсація
Неповне окиснення шестиатомних спиртів
Одержання моносахаридів
Синтез Кіліані-Фішера
Перехід від альдоз до кетоз
Деструкція моносахаридів
Метод Воля
Метод Руффа


Одержання моносахаридів
Гідроліз
дисахаридів та полісахаридів
Реагент: H2O.
Умови: кисле середовище або ензим.
C12H22O11 + H2O H+ C6H12O6 + C6H12O6
сахароза
глюкоза
фруктоза
(C6H11O5)n + nH2O H+ nC6H12O6
полісахарид
моносахарид

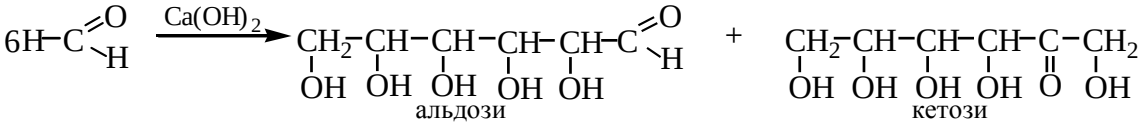
Одержання моносахаридів

Альдольна конденсація

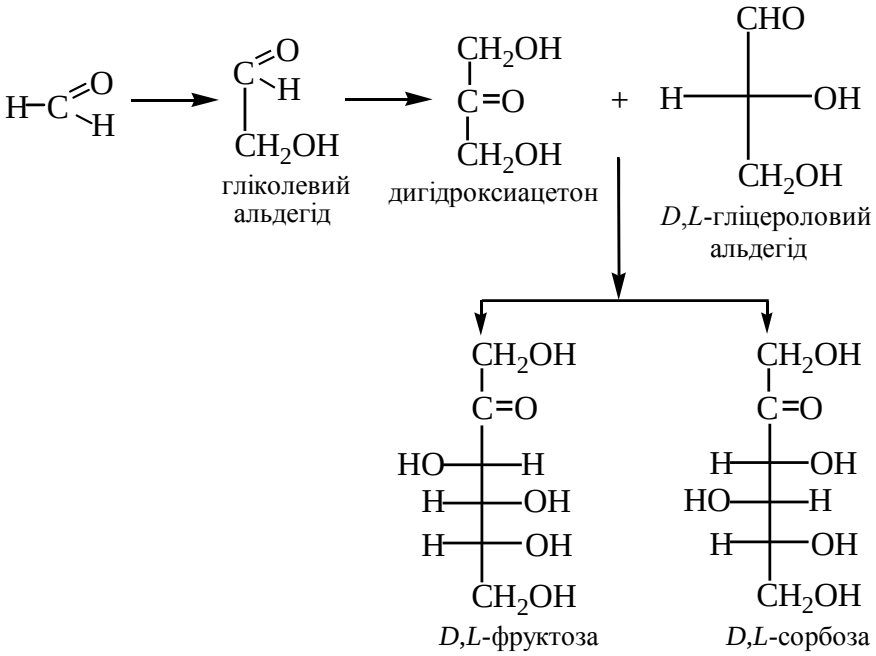
О. Бутлеров (1861 р.), М. Львов (1886 р.)

Вихідна речовина: формальдегід.

Умови: лужне середовище.



Одержується суміш сахаридів. Е. Фішер (1889 р.) виділив індивідуальні моносахариди.



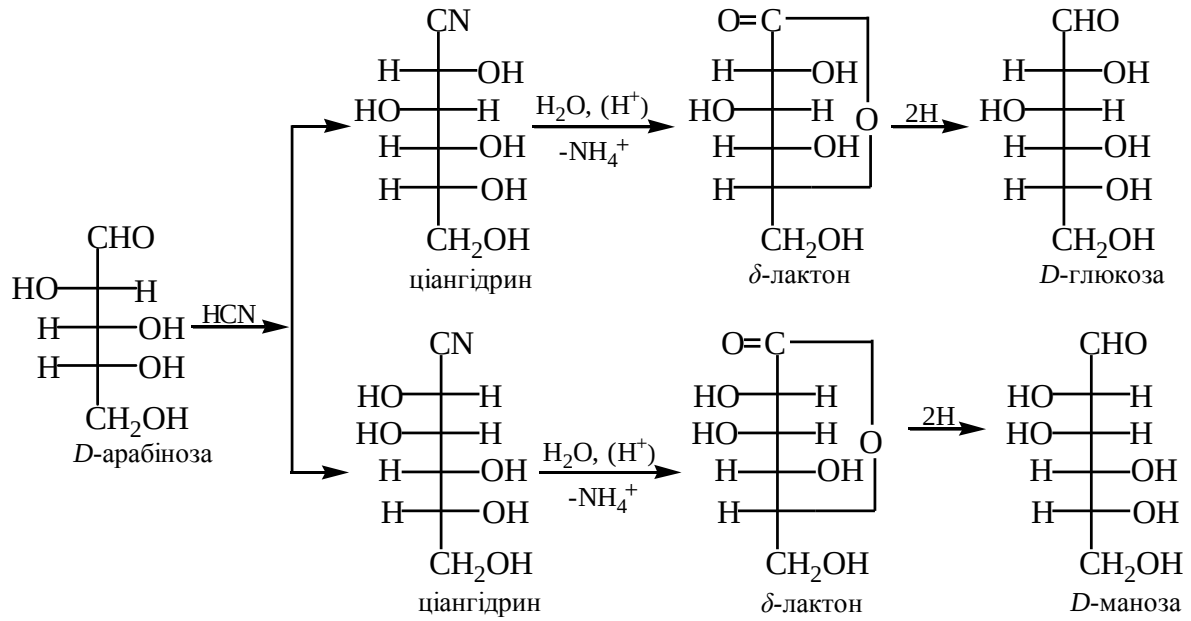
Одержання моносахаридів

Синтез Кіліані-Фішера

Поступове послідовне нарощування ланцюга на один атом карбону на кожній стадії.

Синтез D-глюкози та D-манози

Вихідна речовина: *D*-арабіноза.
Реагент: 1. HCN; 2. H_2O (H^+); 3. Na/Hg (хімічне відновлення).



Подібна послідовність може багаторазово повторюватися

Одержання моносахаридів

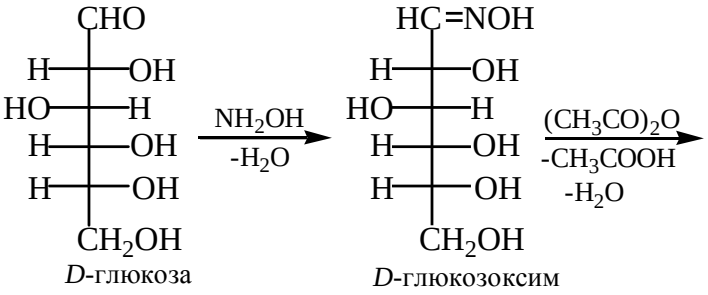
Деструкція моносахаридів (метод зменшення довжини карбонового скелету)

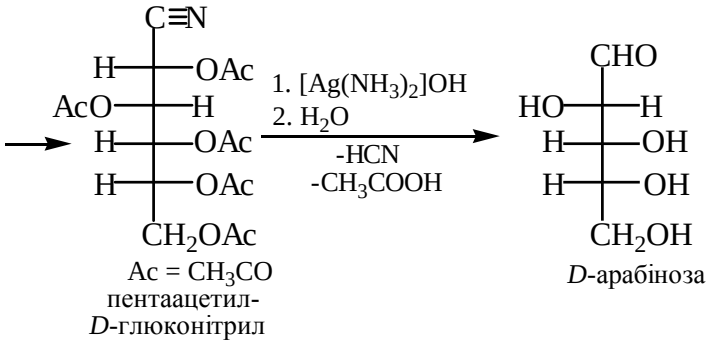
Метод Воля

Вихідна речовина: *D*-глюкоза.

Реагент: 1. NH_2OH. 2. $(CH_3CO)_2O$. 3. $[Ag(NH_3)_2]OH$. 4. H_2O.

Умови: 2. Нагрівання. 3. Нагрівання.

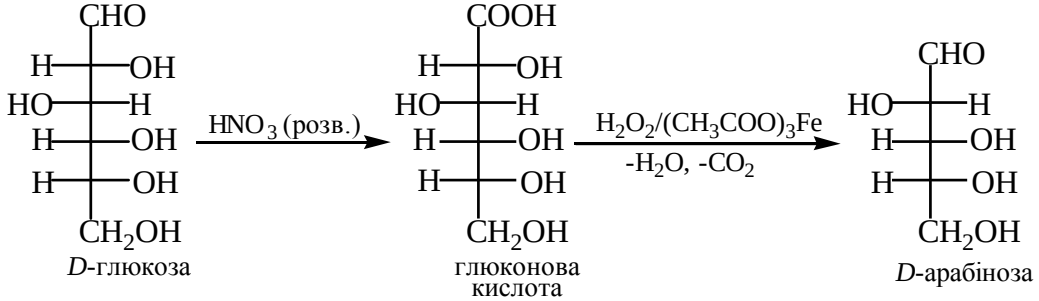




Метод Руффа

Вихідна речовина: *D*-глюкоза.

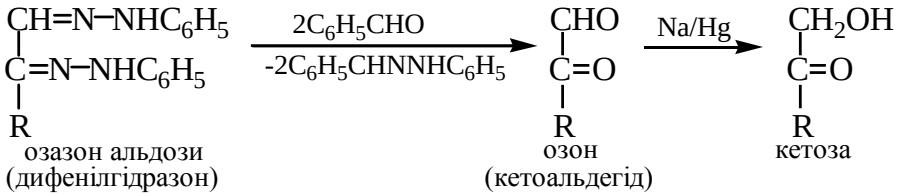
Реагент: 1. HNO_3 (розв.). 2. $H_2O_2/(CH_3COO)_3Fe$.



Одержання моносахаридів

Перехід від альдоз до кетоз

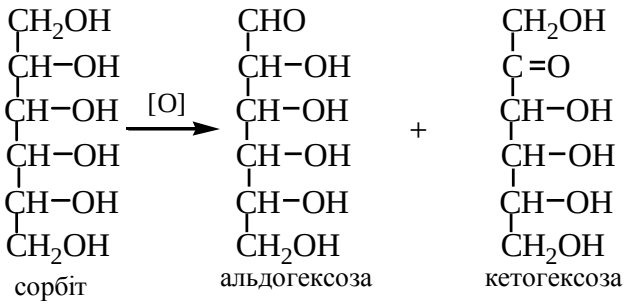
Вихідна речовина: озазони.
Реагент: 1. HCl або C_6H_5CHO (нагрівання); 2. Na/Hg.



озазон альдози (дифенілгідразон) — озон (кетоальдегід) — кетоза

Неповне окиснення шестиатомних спиртів

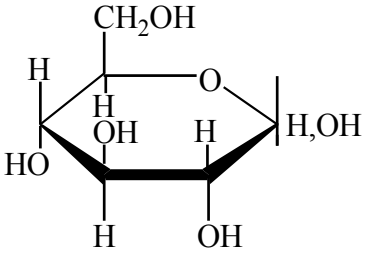
Реагент: звичайні окисники.



сорбіт — альдогексоза — кетогексоза

Характеристика окремих представників моносахаридів та їх похідних

D-глюкоза (виноградний цукор, декстроза)



α-D- та *β-D-*глюкоза

Моносахарид, що широко розповсюджений у природі: у вільному стані глюкоза знаходиться в рослинах, крові людей та інших біологічних рідинах.

Глюкоза є структурним компонентом дисахаридів сахарози, лактози і гомополісахаридів крохмалю, целюлози та глікогену.

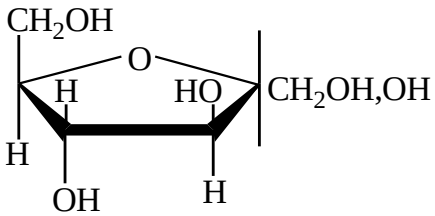
Глюкоза та інші прості вуглеводи (фруктоза і галактоза) після всмоктування в кишковий тракт та проникнення всередину клітин підлягають метаболічним перетворенням, які становлять підґрунтя їх біоенергетичної функції. Безпосередній і найбільший внесок в отримання хімічної енергії у формі АТФ дає окиснення глюкози до кінцевих продуктів катаболізму – карбон(IV) оксиду та води:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O$$

В організмі людини за рахунок аеробного окиснення глюкози вивільняється в середньому 60-70 % хімічної енергії, необхідної для енергозабезпечення процесів життєдіяльності

Характеристика окремих представників моносахаридів та їх похідних

D-фруктоза (левульоза)



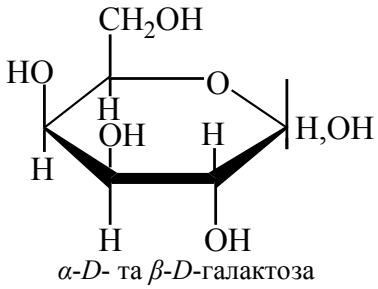
α-*D*- та *β*-*D*-фруктоза

Кетогексоза, що міститься у вільному стані у плодах та нектарі квіток (“плодовий цукор”). Розчини *D*-фруктози обертають площину плоскополяризованого світла ліворуч (-).

Фруктоза разом з глюкозою є структурним компонентом дисахариду сахарози, а також мономером деяких рослинних полісахаридів, зокрема інуліну. До складу полісахаридів фруктоза входить у вигляді *D*-фруктофуранози.

Енергетична функція фруктози в організмі людини реалізується через її внутрішньоклітинне перетворення на глюкозу

D-галактоза



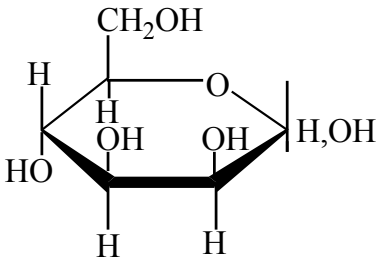
α-*D*- та *β*-*D*-галактоза

Входить до складу дисахариду лактози, який міститься в молоці та тетраполісахаридах тваринних тканин.

Головним джерелом галактози для організму людини є дисахарид лактоза, яка після гідролізу звільнює галактозу. Здатна перетворюватися в глюкозу

Характеристика окремих представників моносахаридів та їх похідних

D-маноза

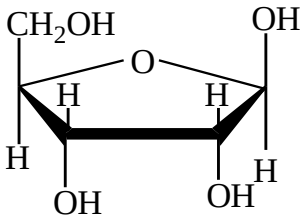


α-*D*- та *β*-*D*-маноза

Структурний компонент полісахариду манану, що є компонентом рослинних та бактеріальних глікопротеїнів; у вільному стані міститься в шкірці цитрусових.

Продукт відновлення манози – шестиатомний спирт маніт застосовується в медицині як осмотичний діуретик та замісник сахарози в дієті хворих на цукровий діабет

D-рибоза

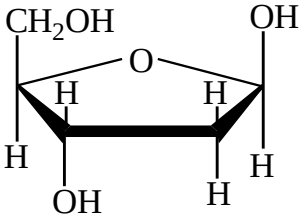


β-*D*-рибоза

Альдопентоза, яка у *β*-фуранозній формі входить до складу нуклеотидів рибонуклеїнових кислот (РНК) та вільних рибонуклеотидів, ряду коферментів (НАД, НАДФ, ФАД, СоА)

Характеристика окремих представників моносахаридів та їх похідних

2-дезокси-D-рибоза

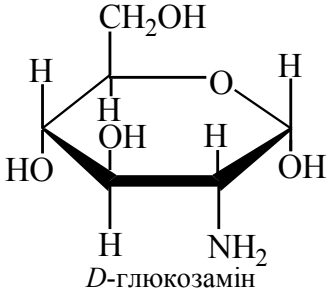


2-дезокси-*β*-*D*-рибоза

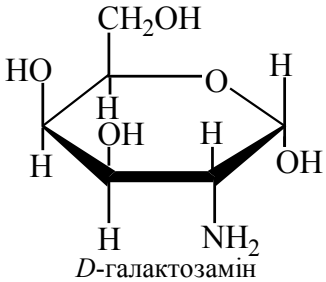
Відрізняється від *D*-рибози відсутністю ОН-групи в положенні 2. Входить до складу нуклеотидів дезоксирибонуклеїнових кислот (ДНК)

Амінопохідні моносахаридів (аміносахариди, гексозаміни)

В аміносахаридах в положенні 2 замість ОН-групи міститься NH_2-група:



D-глюкозамін



D-галактозамін

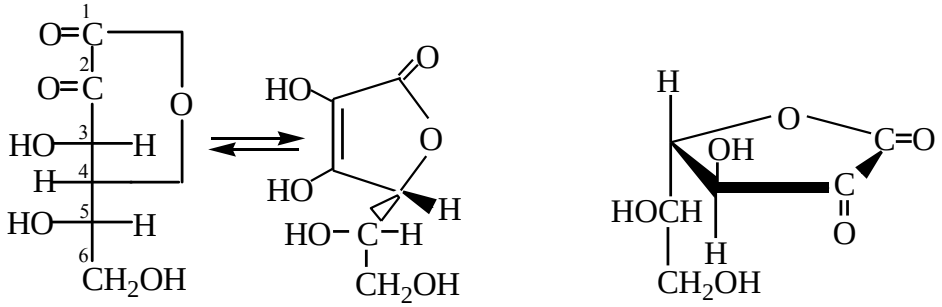
Містяться у вигляді структурних компонентів змішаних біополімерів у тканинах людського тіла, тварин, у деяких антибіотиках.

D-глюкозамін – складова частина полісахариду хітину

Характеристика окремих представників моносахаридів та їх похідних

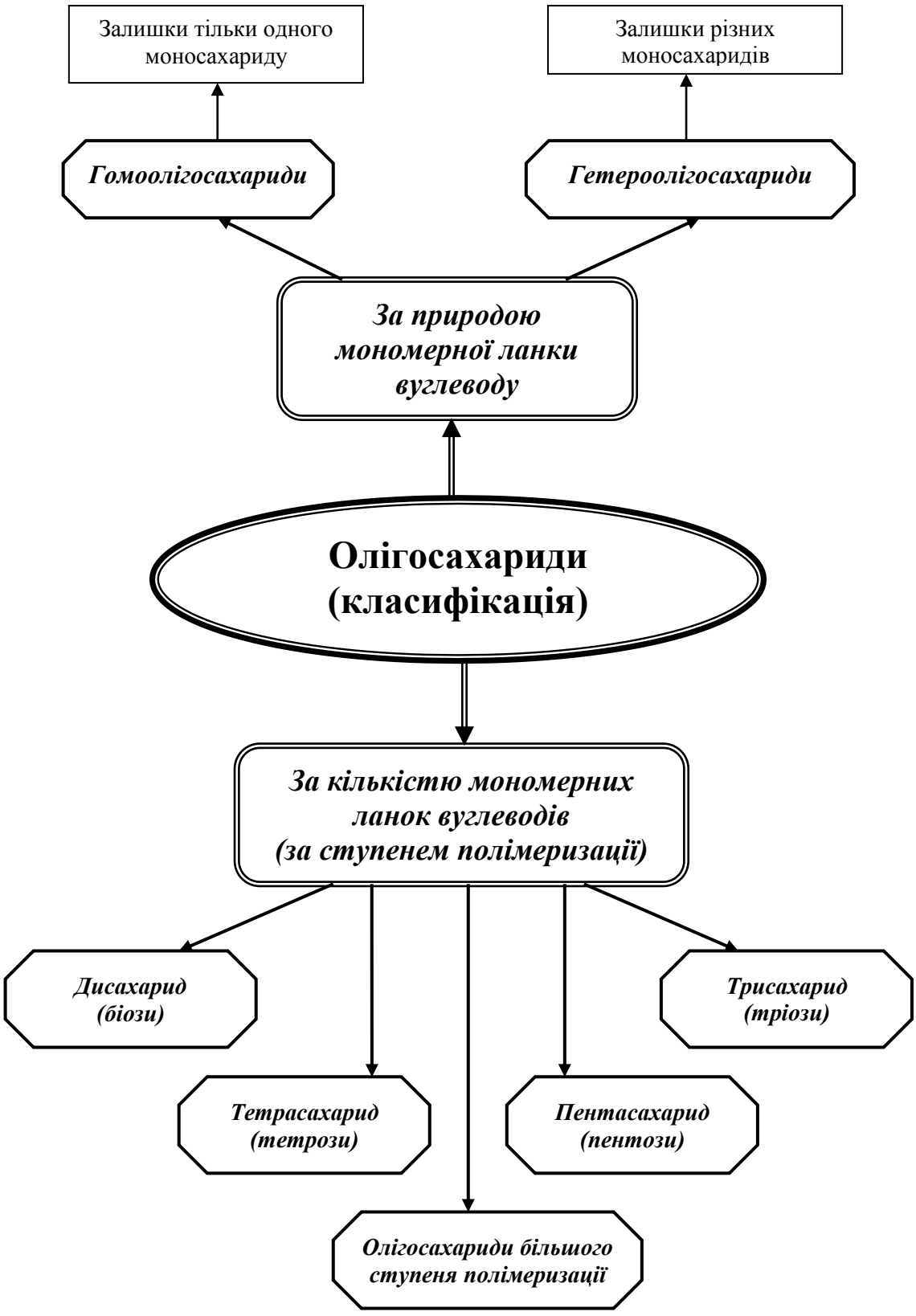
Аскорбінова кислота

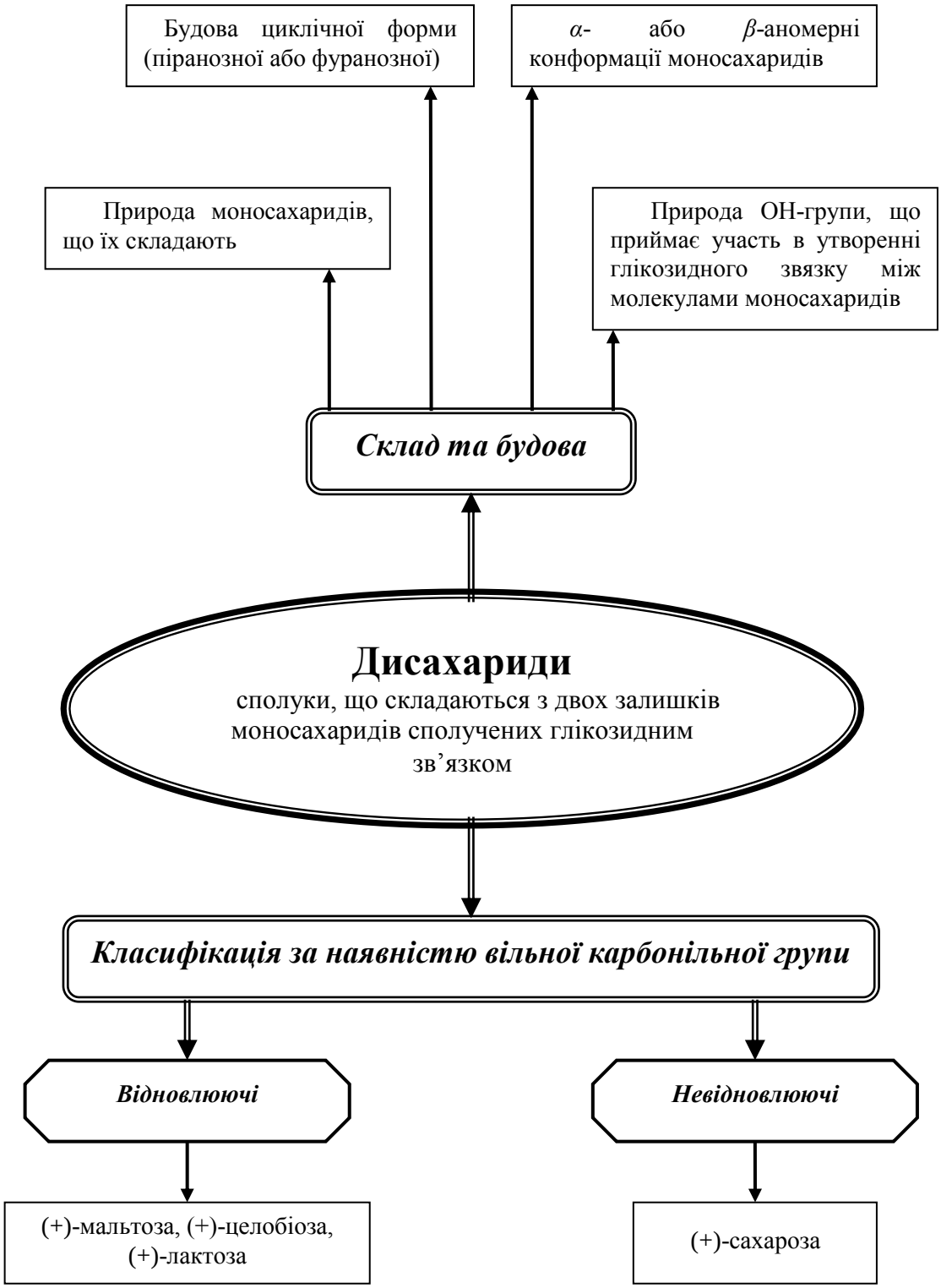
L-аскорбінова кислота (вітамін С) – *γ*-лактон 2-кето-*L*-гулонової кислоти – водорозчинна речовина:



Не синтезується в організмі людини, вміст залежить від постійного надходження з продуктами харчування рослинного походження (50-75 мг/добу).

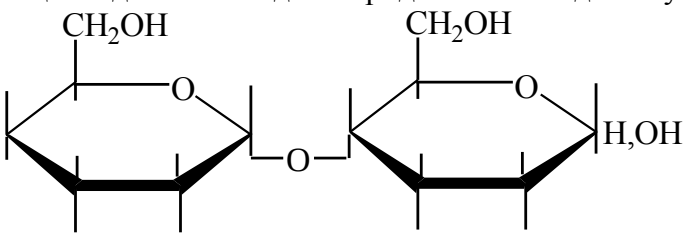
Біохімічна фукція – участь у ряді важливих окисно-відновних процесів окиснювального гидроксилювання, регуляції перекисного окиснення ліпідів


Залишки тільки одного моносахариду
Залишки різних моносахаридів
Гомоолігосахариди
Гетероолігосахариди
За природою мономерної ланки вуглеводу
Олігосахариди (класифікація)
За кількістю мономерних ланок вуглеводів (за ступенем полімеризації)
Дисахарид (біози)
Трисахарид (тріози)
Тетрасахарид (тетрози)
Пентасахарид (пентози)
Олігосахариди більшого ступеня полімеризації


Будова циклічної форми (піранозної або фуранозної)
α- або β-аномерні конформації моносахаридів
Природа моносахаридів, що їх складають
Природа ОН-групи, що приймає участь в утворенні глікозидного звязку між молекулами моносахаридів
Склад та будова
Дисахариди
сполуки, що складаються з двох залишків моносахаридів сполучених глікозидним зв'язком
Класифікація за наявністю вільної карбонільної групи
Відновлюючі
Невідновлюючі
(+)-мальтоза, (+)-целобіоза, (+)-лактоза
(+)-сахароза

Відновлюючі

Глікозидний зв’язок утворюється з глікозидної групи одного моносахариду та звичайної гідроксильної групи другого моносахариду (частіше ОН-група в 4 положенні). Дисахарид має вільну глікозидну групу, володіє відновними властивостями, в розчинах спостерігається явище мутаротації. Відновлюючі дисахариди належать до типу мальтози:

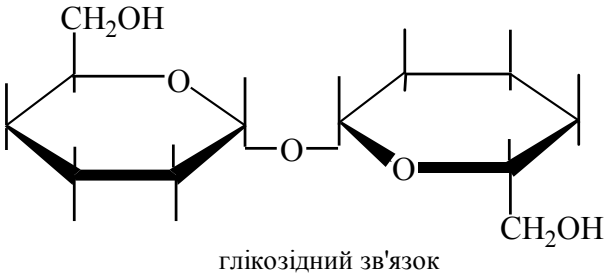


глікозідний зв'язок
типу мальтози

Дисахариди

Невідновлюючі

Глікозидний зв’язок утворюється з глікозидних груп двох моносахаридів. Сахарид не володіє відновними властивостями, так як не має глікозидної гідроксильної групи і не може утворювати відкриту карбонільну групу. Невідновлюючі дисахариди належать до типу трегалози:



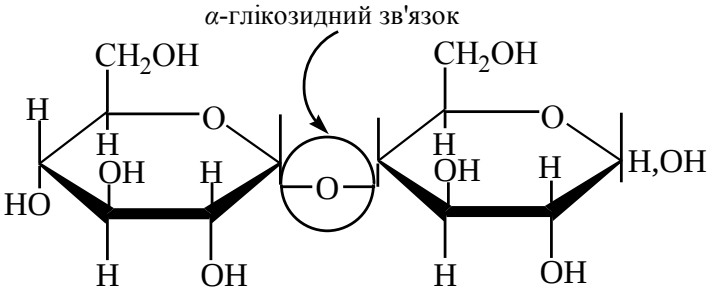
глікозідний зв'язок
типу трегалози

Дисахариди

(+)-Мальтоза

Склад – $C_{12}H_{22}O_{11}$.

Кристалічна мальтоза існує переважно в *β*-формі.



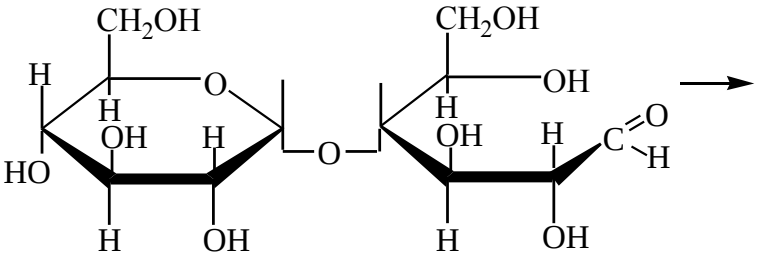
α- та *β*-мальтоза

4-O-(*α*-*D*-глюкопіранозил)-*β*-*D*-глюкопіраноза

α-мальтоза $[\alpha] = +168^o$

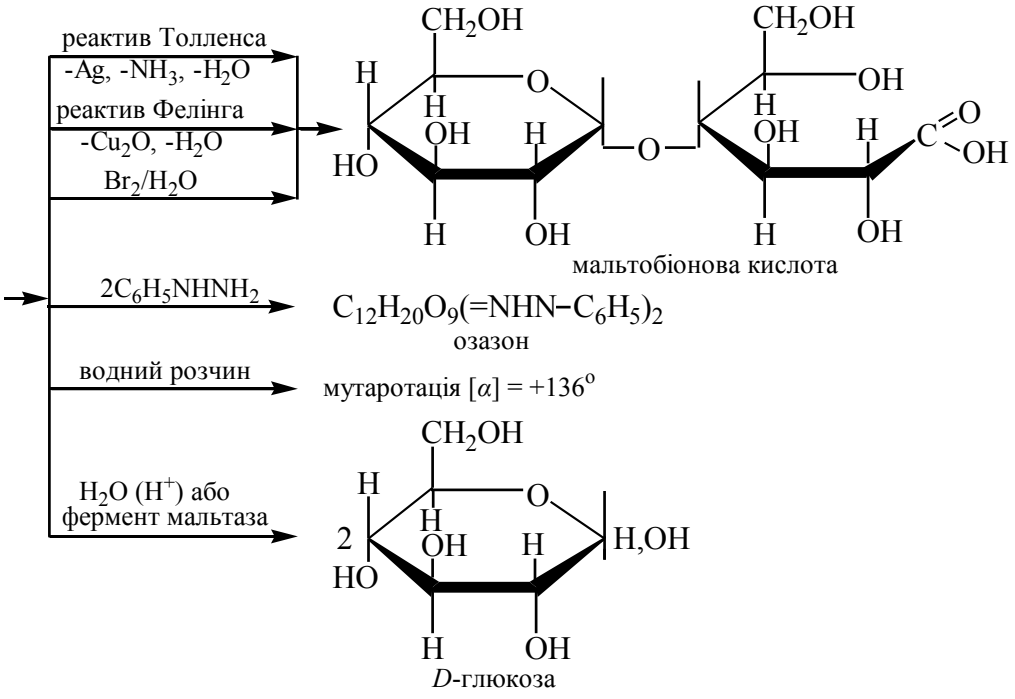
β-мальтоза $[\alpha] = +112^o$

таутомерія



відкрита форма

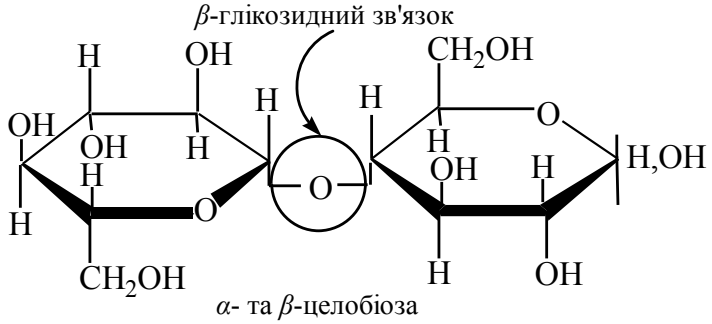
Мальтоза значно менш солодка, ніж цукор.



Дисахариди

(+)-Целобіоза

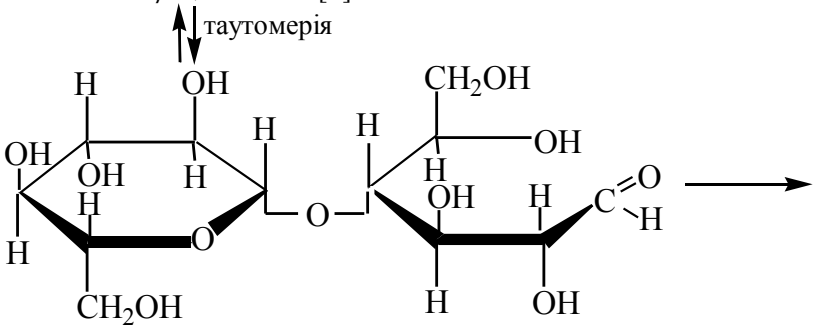
Склад – $C_{12}H_{22}O_{11}$.



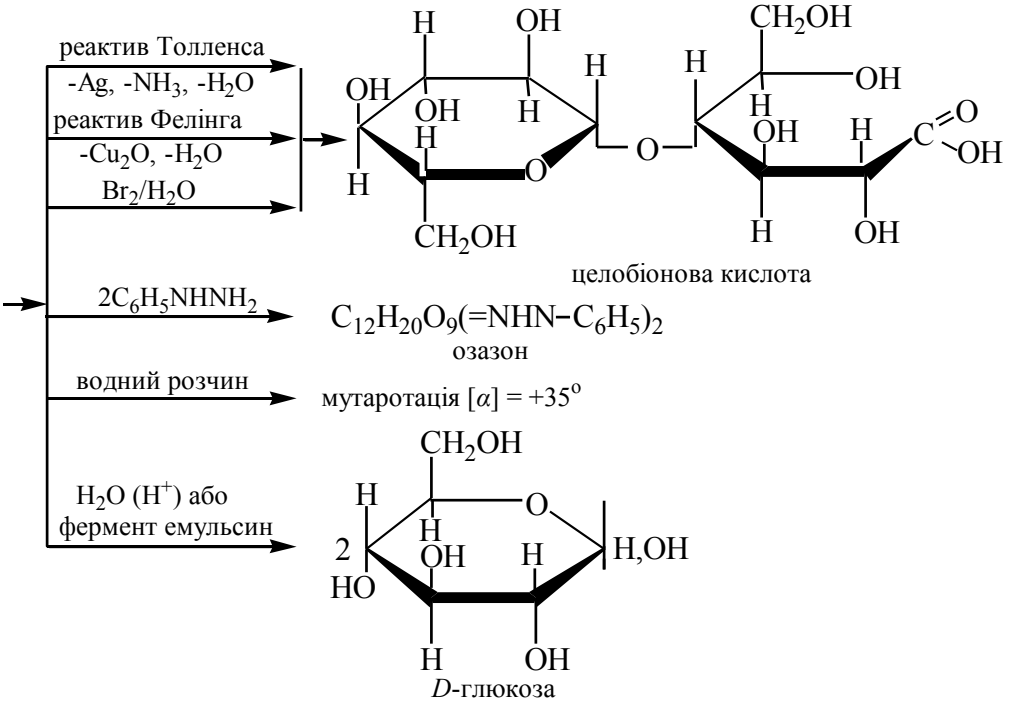
α- та β-целобіоза

4-О-(β-*D*-глюкопіранозил)-β-*D*-глюкопіраноза

β-целобіоза $[\alpha] = +14^o$



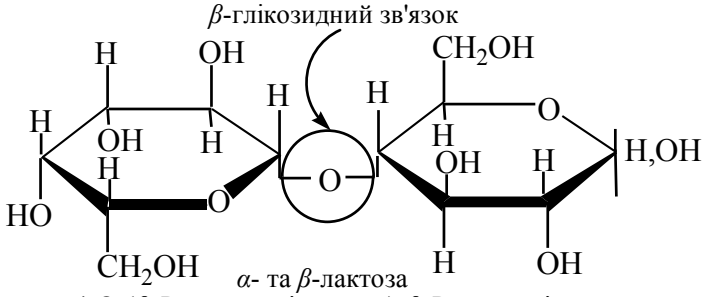
Целобіоза майже несолодка на відміну від сахарози та лактози.



Дисахариди

(+)-Лактоза (молочний цукор)

Склад – $C_{12}H_{22}O_{11}$.

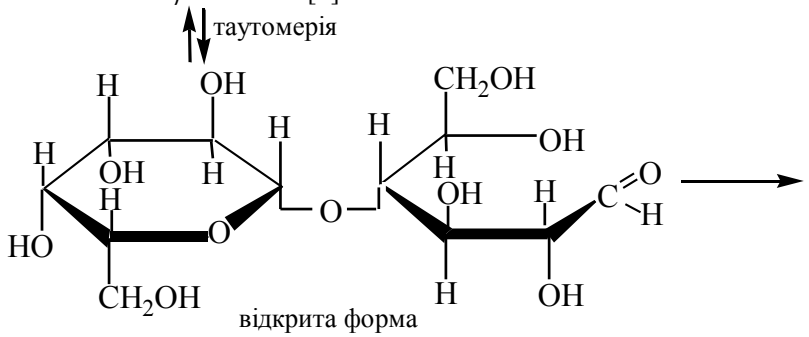


α- та β-лактоза

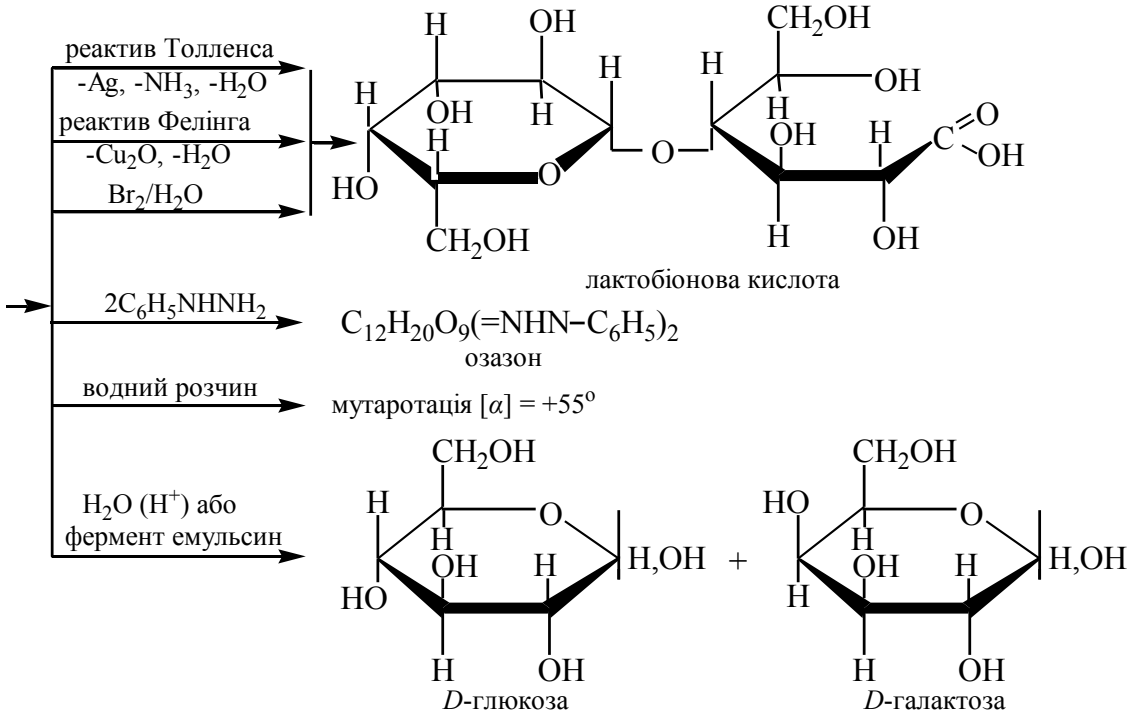
4-O-(β-*D*-галактопіранозил)-β-*D*-глюкопіраноза

α-лактоза $[\alpha] = +86^o$

β-лактоза $[\alpha] = +35^o$



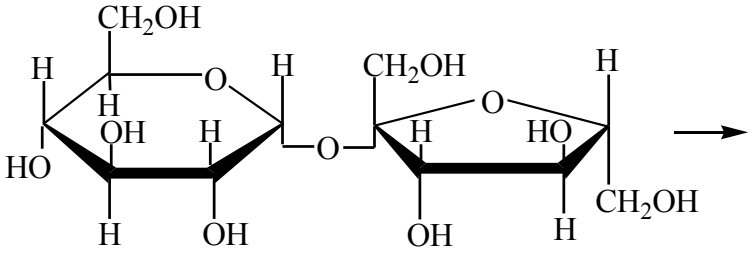
Лактоза менш солодка, ніж сахароза.



Дисахариди

(+)-Сахароза (буряковий або тростинний цукор)

Склад – $C_{12}H_{22}O_{11}$.



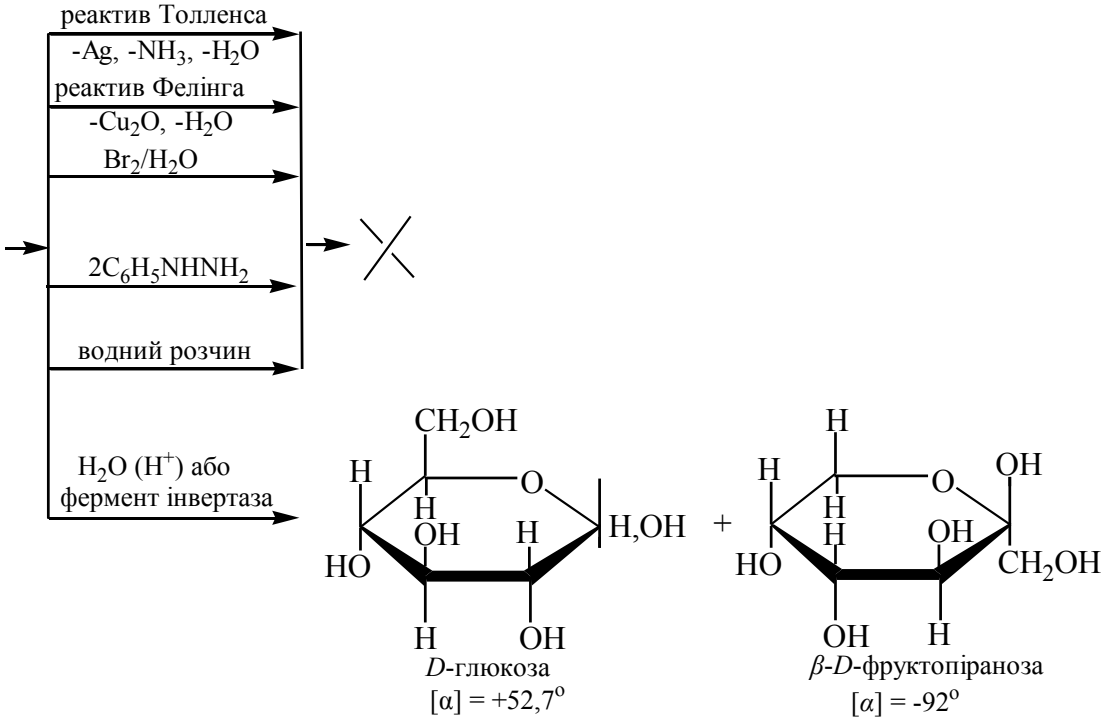
α-D-глюкопіраноза *β-D*-фруктофураноза

сахароза

2-О-(*α-D*-глюкопіранозил)-*β-D*-фрктофуранозид

$[\alpha] = +66,5^o$

Кристалічна, солодка на смак речовина.



D-глюкоза

$[\alpha] = +52,7^o$

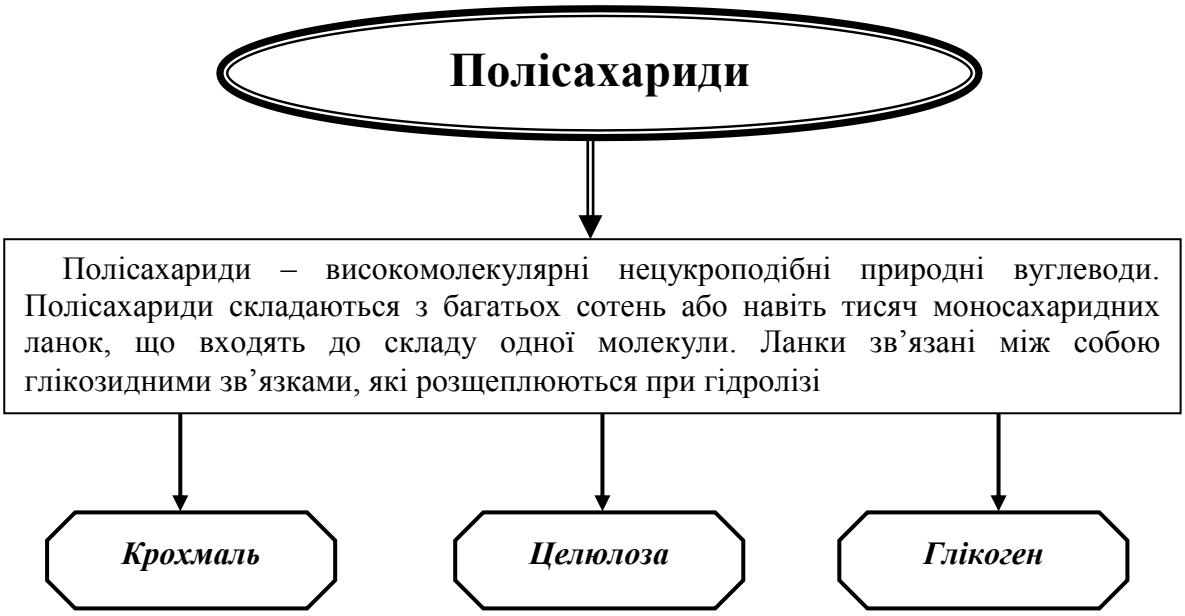
β-D-фруктопіраноза

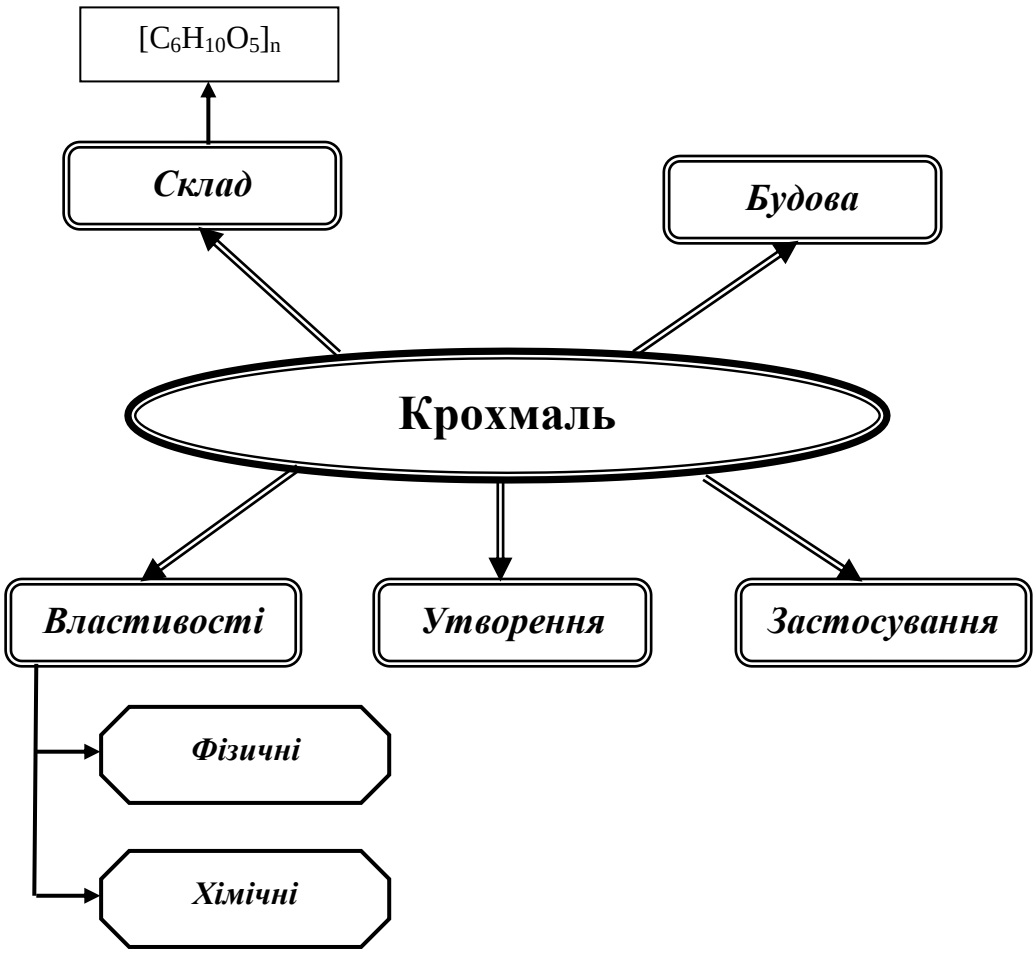
$[\alpha] = -92^o$

суміш $[\alpha] = -39,3^o$

Зміна правого кута обертання на лівий називається *інверсією.*

Суміш глюкози та фруктози після інверсії називають інвертованим цукром або штучним медом

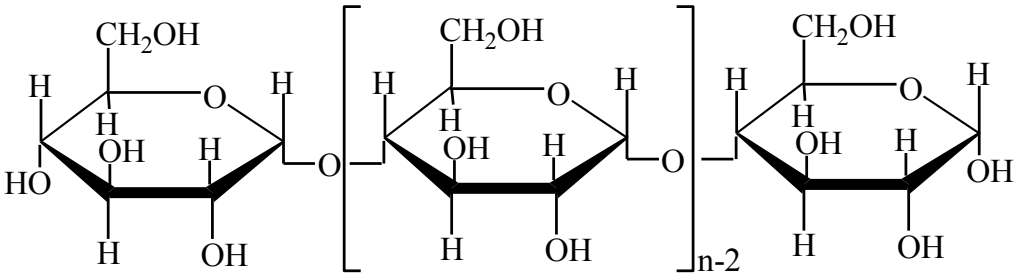

Полісахариди
Полісахариди – високомолекулярні нецукроподібні природні вуглеводи. Полісахариди складаються з багатьох сотень або навіть тисяч моносахаридних ланок, що входять до складу одної молекули. Ланки зв'язані між собою глікозидними зв'язками, які розщеплюються при гідролізі
Крохмаль
Целюлоза
Глікоген


$[C_6H_{10}O_5]_n$
Склад
Будова
Крохмаль
Властивості
Утворення
Застосування
Фізичні
Хімічні

Амілоза (20-30 %)

M (амілози) = $3 \cdot 10^4$-$4 \cdot 10^4$ г/моль.

Побудована з *α-D*-глюкопіранозних фрагментів, що з'єднані 1,4'-глікозидними зв'язками у нерозгалужені ланцюги, які здатні закручуватись у спіралеподібні структури. Пустоти, що утворюються у середині такої спіралі, можуть вміщувати, наприклад, молекули йоду.



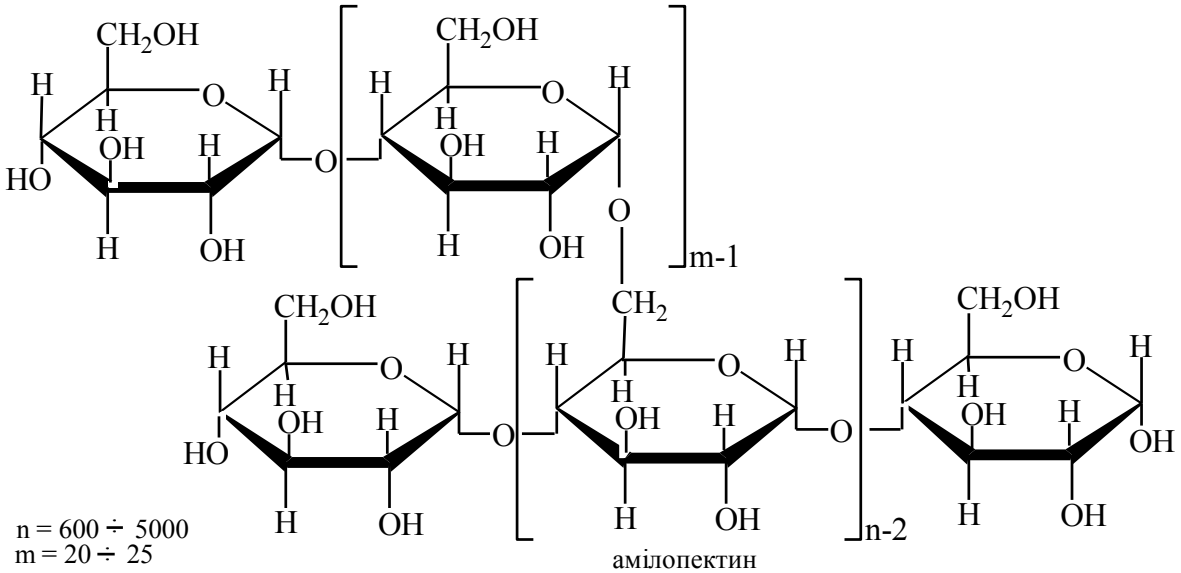
n = 300 ÷ 1000 амілоза

Будова крохмалю

Амілопектин (70-80 %)

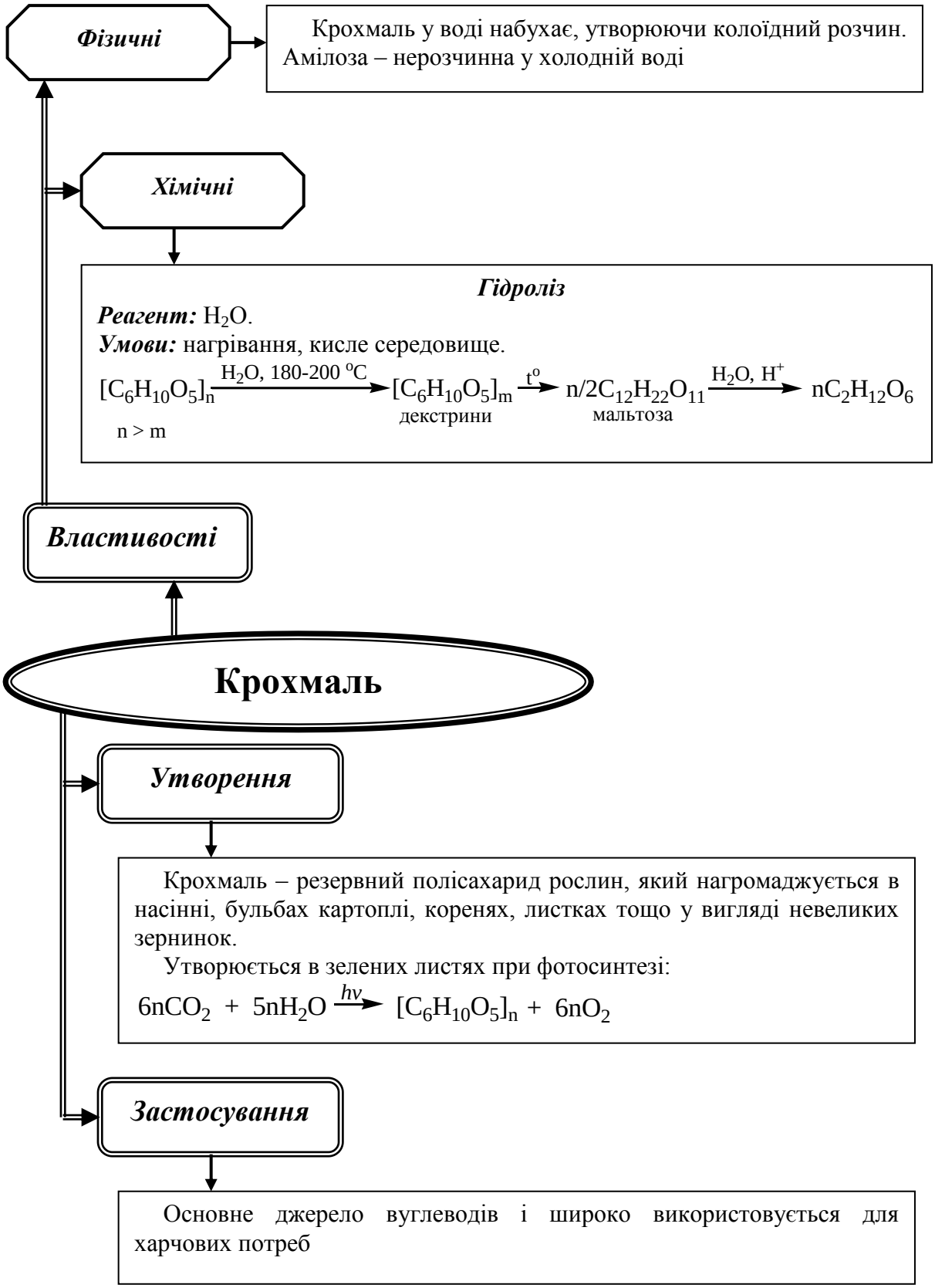
M (амілопектину) = $1 \cdot 10^5$-$1 \cdot 10^6$ г/моль.

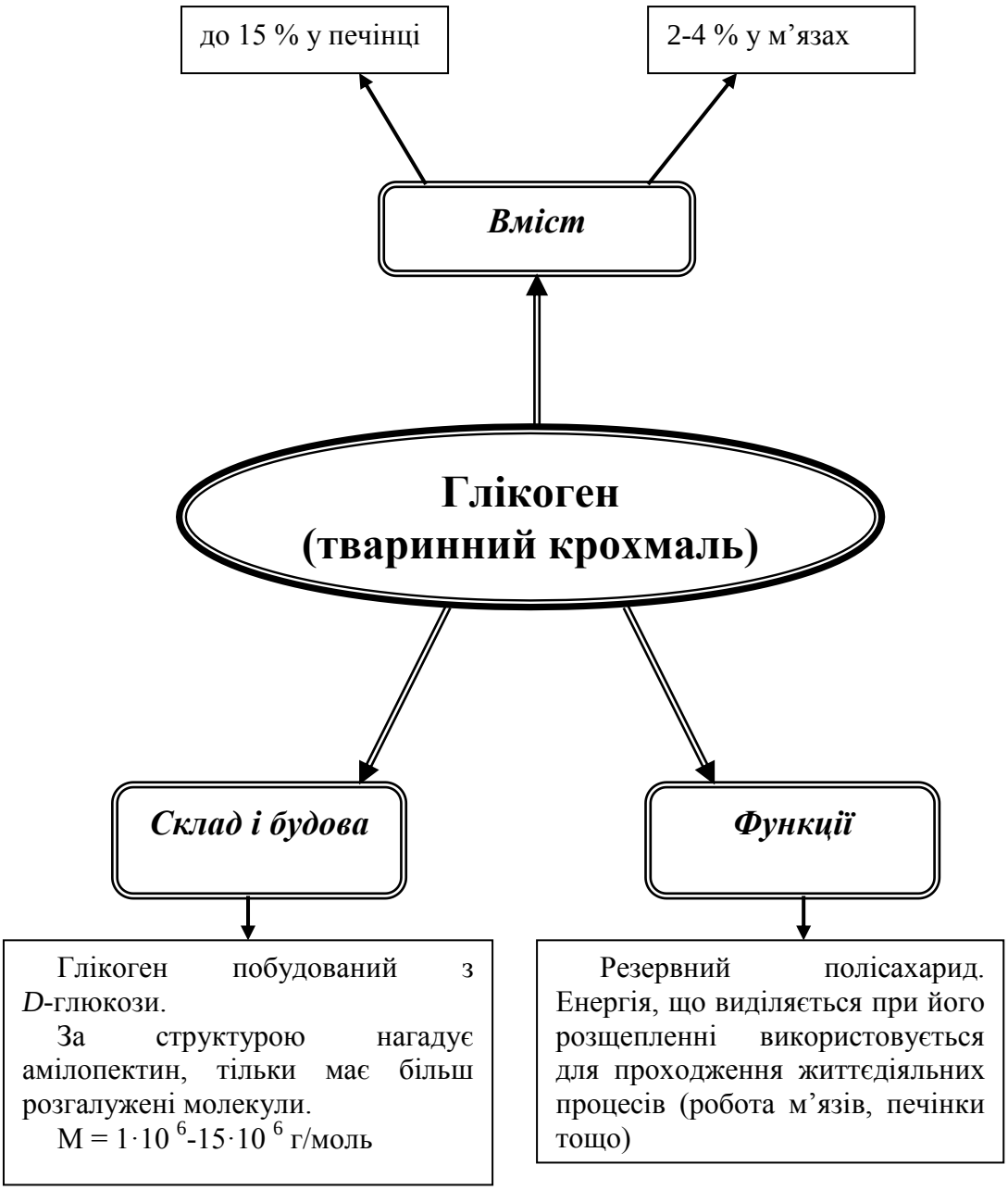
Полісахарид з розгалуженою будовою, який складається із залишків *α-D*-глюкози, з'єднаних 1,4'-глікозидними зв'язками. Розгалуження виникає внаслідок сполучення деяких молекул *α-D*-глюкози 1,6'-глікозидними зв'язками.

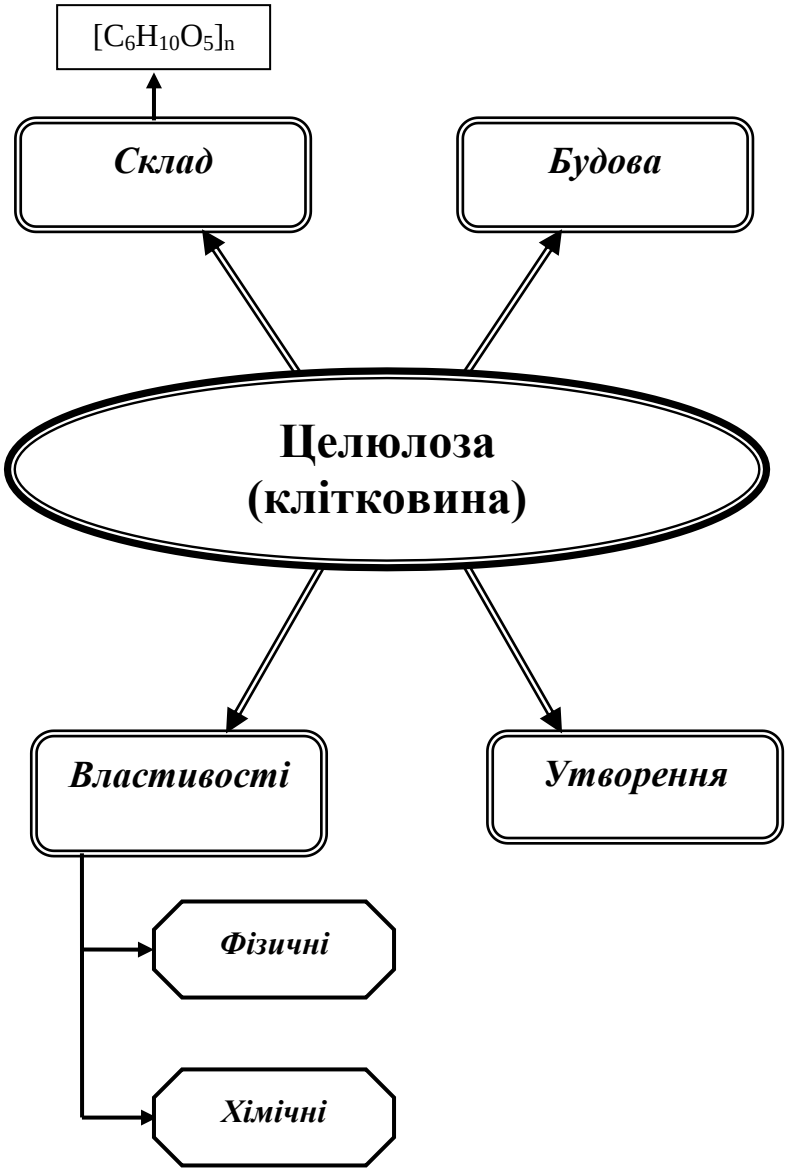


n = 600 ÷ 5000
m = 20 ÷ 25

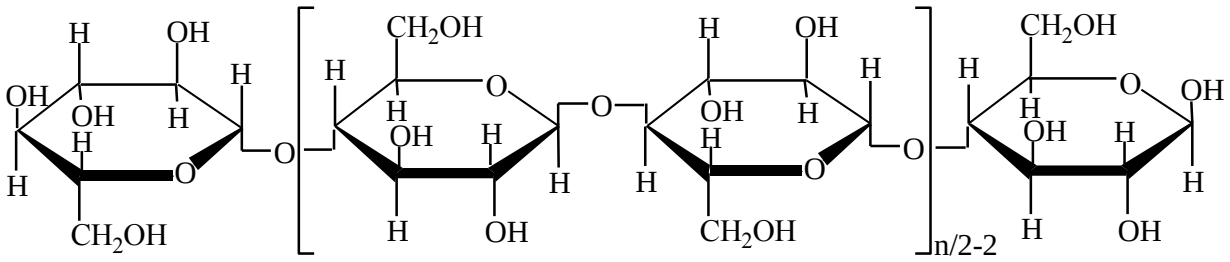
амілопектин


Фізичні
Крохмаль у воді набухає, утворюючи колоїдний розчин. Амілоза – нерозчинна у холодній воді
Хімічні
Гідроліз
Реагент: H_2O.
Умови: нагрівання, кисле середовище.
$[C_6H_{10}O_5]_n \xrightarrow{H_2O,\ 180\text{-}200\ ^oC} [C_6H_{10}O_5]_m \xrightarrow{t^o} n/2C_{12}H_{22}O_{11} \xrightarrow{H_2O,\ H^+} nC_2H_{12}O_6$
n > m
декстрини
мальтоза
Властивості
Крохмаль
Утворення
Крохмаль – резервний полісахарид рослин, який нагромаджується в насінні, бульбах картоплі, коренях, листках тощо у вигляді невеликих зернинок.
Утворюється в зелених листях при фотосинтезі:
$6nCO_2 + 5nH_2O \xrightarrow{h\nu} [C_6H_{10}O_5]_n + 6nO_2$
Застосування
Основне джерело вуглеводів і широко використовується для харчових потреб


до 15 % у печінці
2-4 % у м’язах
Вміст
Глікоген
(тваринний крохмаль)
Склад і будова
Функції
Глікоген побудований з D-глюкози.
За структурою нагадує амілопектин, тільки має більш розгалужені молекули.
M = 1·10 6-15·10 6 г/моль
Резервний полісахарид. Енергія, що виділяється при його розщепленні використовується для проходження життєдіяльних процесів (робота м’язів, печінки тощо)


$[C_6H_{10}O_5]_n$
Склад
Будова
Целюлоза
(клітковина)
Властивості
Утворення
Фізичні
Хімічні

Полісахарид, побудований із залишків *β-D*-глюкози за участю *β*-1,4'-глікозидних зв'язків аналогічно целобіозі:



целюлоза

Ланцюги целюлози витягнуті та укладені пучками, вони утримуються один біля одного міжмолекулярними водневими зв'язками між сусідніми ОН-групами. Пучки заплетені таким чином, що утворюються структури подібні мотузкам, які в свою чергу групуються, утворюючи волокна. У деревині целюлозні мотузки оточені лігніном, що утворює структури, які можна порівняти з армованим бетоном

Будова

Целюлоза (клітковина)

Фізичні властивості

Завдяки численним водневим зв'язкам целюлоза у воді не розчиняється, але розчиняється в амоніачному розчині $Cu(OH)_2$ (реактив Швейцера), в концентрованому розчині $ZnCl_2$, в концентрованій H_2SO_4

Гідроліз целюлози проходить важче гідролізу крохмалю.

Реагент: H_2O.

Умови: кисле середовище.

$$[C_6H_{10}O_5]_n \xrightarrow{H_2SO_4} [C_6H_{10}O_5]_m \xrightarrow{H_2O,\ H^+} n/2C_{12}H_{22}O_{11} \xrightarrow{H_2O,\ H^+} nC_6H_{12}O_6$$

целюлоза (n > m) → амілоїд → целобіоза → *D*-глюкоза

Хімічні властивості целюлози

Нітрування

Реагент: HNO_3/H_2SO_4.

$$[C_6H_7O_2(OH)_3]_n \xrightarrow[-nH_2O]{nHNO_3} [C_6H_7O_2(OH)_2ONO_2]_n$$
мононітрат

$$[C_6H_7O_2(OH)_3]_n \xrightarrow[-2nH_2O]{2nHNO_3} [C_6H_7O_2(OH)(ONO_2)_2]_n$$
динітрат

$$[C_6H_7O_2(OH)_3]_n \xrightarrow[-3nH_2O]{3nHNO_3} [C_6H_7O_2(ONO_2)_3]_n$$
тринітрат

Властивості та галузь застосування цього продукту залежить від ступеня нітрування.

В промисловості одержується суміш естерів. Суміш моно- та динітроцелюлози називається колоксиліном, застосовується як нітролак та колодій. Суміш колоксиліну з камфорою – сировина для виробництва целулоїду. Тринітрат – піроксилін – для виробництва бездимного пороху, фото- та кіноплівки, яка вогненебезпечна

Ацилювання

Реагент: $(CH_3CO)_2O/CH_3COOH$.

Умови: кисле середовище (H_2SO_4).

$$[C_6H_7O_2(OH)_3]_n \xrightarrow[-3nCH_3COOH]{3n(CH_3CO)_2O} [C_6H_7O_2(OCOCH_3)_3]_n \xrightarrow[-nCH_3COOH]{nH_2O}$$
триацетат целюлози

$$\longrightarrow [C_6H_7O_2(OH)(OCOCH_3)_2]_n$$
діацетат целюлози

Триацетат целюлози нерозчинний в органічних розчинниках. Діацетат целюлози розчинний в органічних розчинниках. Діацетат целюлози використовується для виробництва ацетатного волокна (ацетатного шовку), а також фото- та кіноплівки, яка вогнебезпечна

Хімічні властивості целюлози

Алкілування

Реагент: CH_3Cl або $(CH_3O)_2SO_2$; C_2H_5Cl; $C_6H_5CH_2Cl$.

$$[C_6H_7O_2(OH)_3]_n \xrightarrow[-3nHHal]{3nRHal} [C_6H_7O_2(OR)_3]_n$$

Метил-, етил- та бензилцелюлоза застосовуються як основа лаків, плівкоутворювачів, загущувачів тощо

Дія лугів

Реагент: 1. NaOH; 2. CS_2; 3. H_2SO_4.

$$R{-}OH \xrightarrow{CS_2,\ Na} R{-}O{-}\underset{\underset{S}{\|}}{C}{-}SNa \xrightarrow{H^+} R{-}OH + CS_2$$

ксантогенат спирту

$$[C_6H_7O_2(OH)_3]_n \xrightarrow[-nH_2O]{nNaOH} [C_6H_7O_2(OH)_2ONa]_n$$

алканолят целюлози

$$[C_6H_7O_2(OH)_2ONa]_n \xrightarrow{nCS_2} [C_6H_7O_2(OH)_2{-}O{-}\underset{\underset{S}{\|}}{C}{-}SNa]_n$$

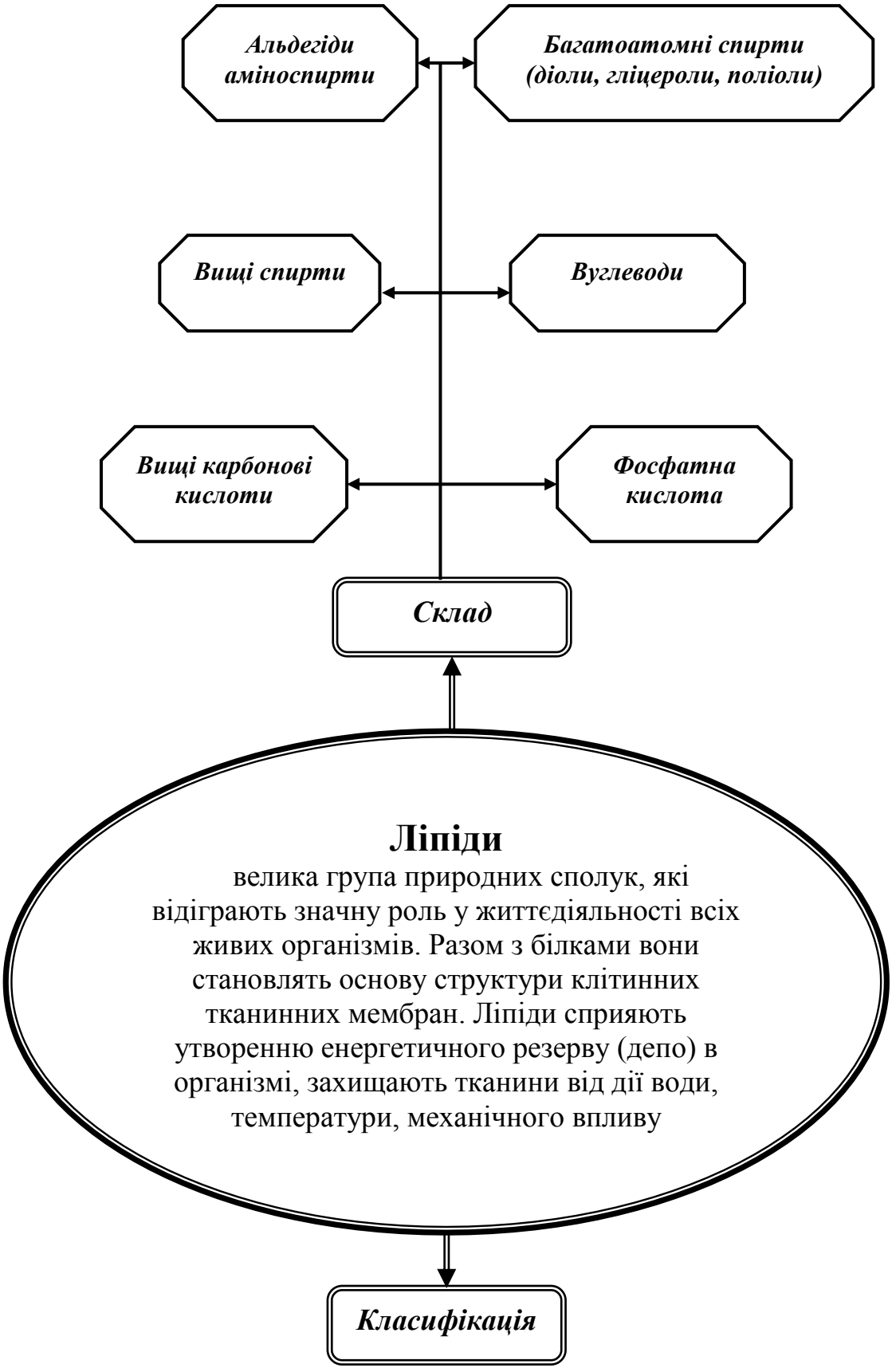
ксантогенат целюлози

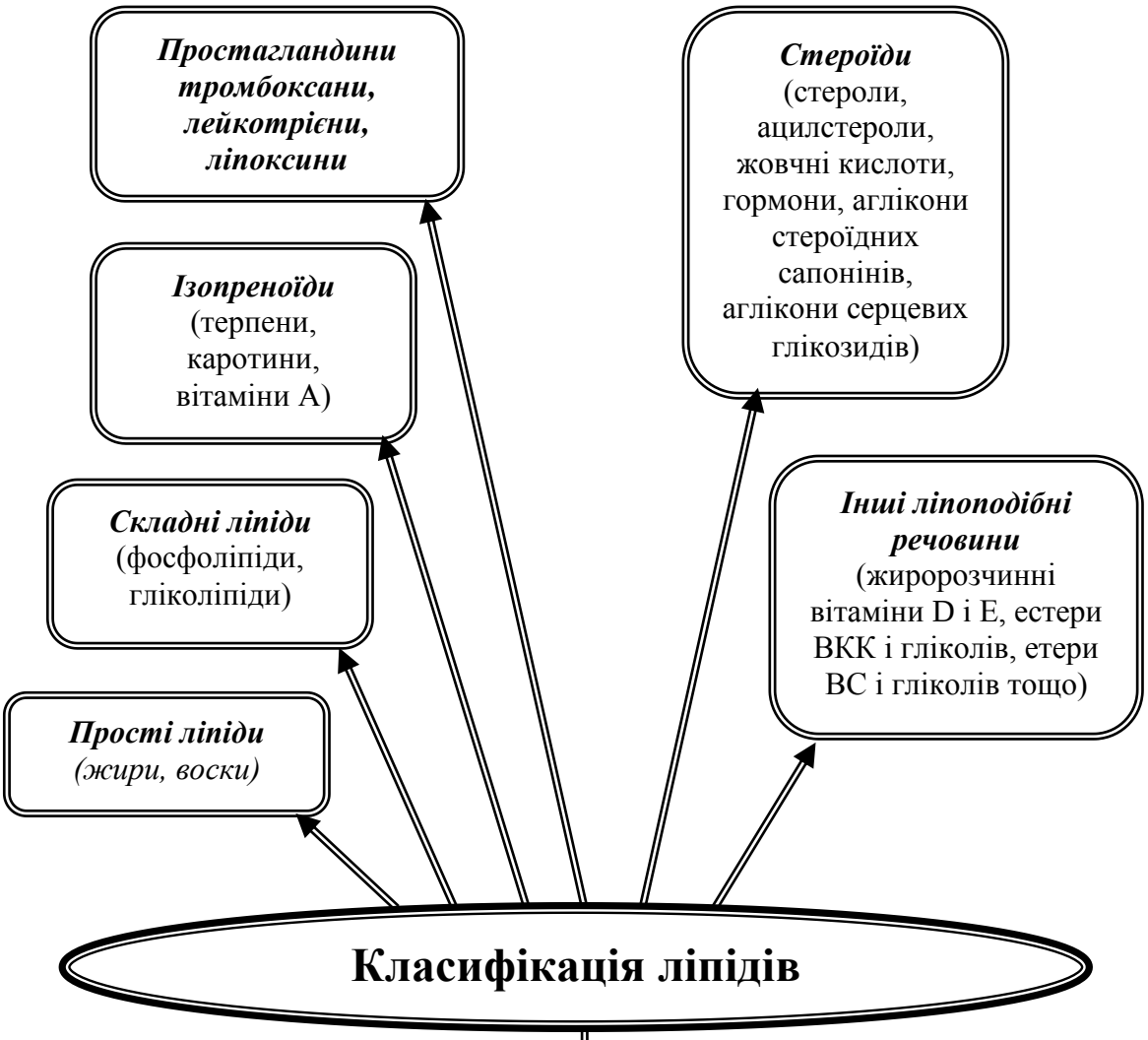
Лужний розчин ксантагенату целюлози – віскоза. При продавлюванні віскози крізь фільєри у кислотну вану, целюлоза регенерується у вигляді тонких волокон, які називаються штучним волокном або віскозним шовком:

$$[C_6H_7O_2(OH)_2{-}O{-}\underset{\underset{S}{\|}}{C}{-}SNa]_n \xrightarrow[-nCS_2,\ -nNaHSO_4]{nH_2SO_4} [C_6H_7O_2(OH)_3]_n$$

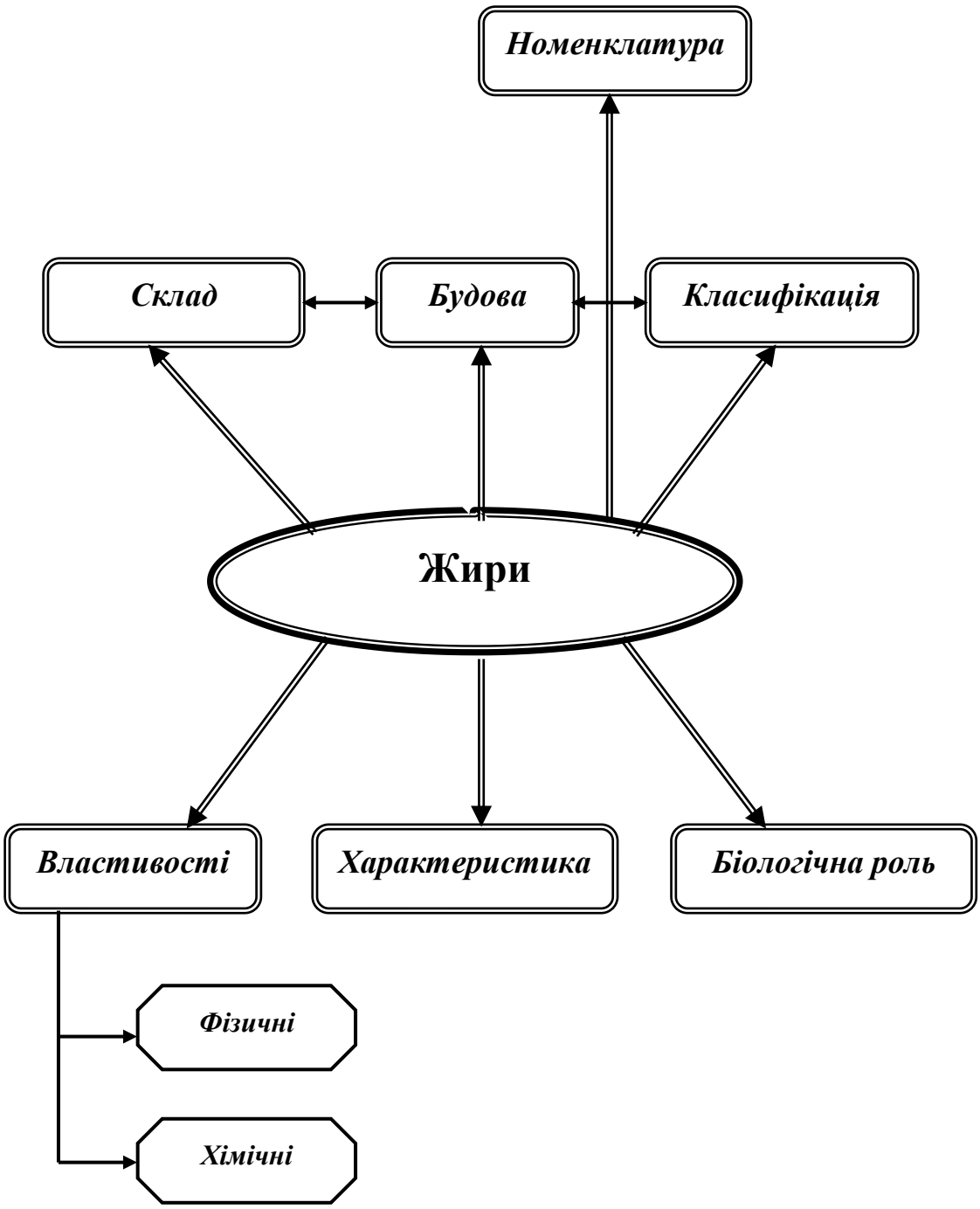
целюлоза-волокно

Якщо віскозу продавлювати через вузьку щілину, то целюлоза регенерується у вигляді плівки – целофану


Альдегіди аміноспирти
Багатоатомні спирти (діоли, гліцероли, поліоли)
Вищі спирти
Вуглеводи
Вищі карбонові кислоти
Фосфатна кислота
Склад
Ліпіди
велика група природних сполук, які відіграють значну роль у життєдіяльності всіх живих організмів. Разом з білками вони становлять основу структури клітинних тканинних мембран. Ліпіди сприяють утворенню енергетичного резерву (депо) в організмі, захищають тканини від дії води, температури, механічного впливу
Класифікація

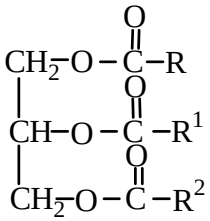


До ліпідів відносять, як правило, тільки групи простих та складних речовин (естерів та етерів на основі вищих карбонових кислот (ВКК), вищих спиртів (ВС) і альдегідів, гліколів, гліцеролу, поліолів та інших нітрогеновмісних і терпенових спиртів і не включають до них інші вищенаведені групи)


Номенклатура
Склад
Будова
Класифікація
Жири
Властивості
Характеристика
Біологічна роль
Фізичні
Хімічні

Склад жирів

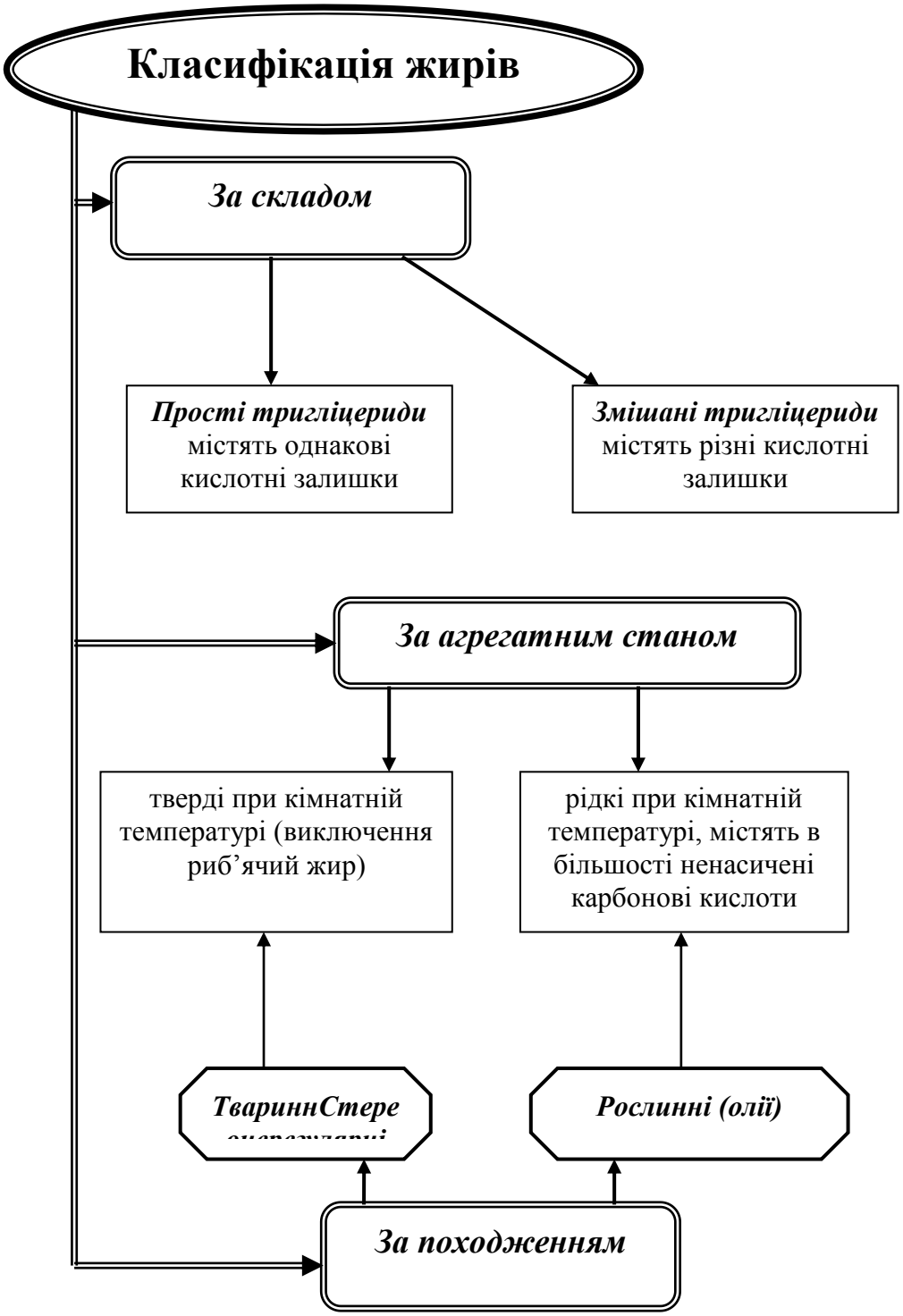
Жири (тригліцериди) – повні естери гліцеролу (гліцерину) та нерозгалужених насичених і ненасичених ВКК:



Будова жирів

Для жирів на основі насичених ВКК характерне таке розташування їхніх поліметиленових ланцюгів, при якому вони скручуються і переплітаються один з одним внутрішньо- і міжмолекулярними зв'язками. Їх молекули є компактними клубками, які формують структури, наближені до кристалічних (тверді структури).

Для конформації ненасичених ВКК, що входять до складу олій, характерна наявність одного чи кількох вигинів. Унаслідок цього молекули олій є жорсткими структурами, не здатними формувати компактні клубки. Тому рослинні олії є рідкими, мають меншу температуру топлення, ніж тверді жири


Класифікація жирів
За складом
Прості тригліцериди містять однакові кислотні залишки
Змішані тригліцериди містять різні кислотні залишки
За агрегатним станом
тверді при кімнатній температурі (виключення риб'ячий жир)
рідкі при кімнатній температурі, містять в більшості ненасичені карбонові кислоти
ТваринніСтере
Рослинні (олії)
За походженням

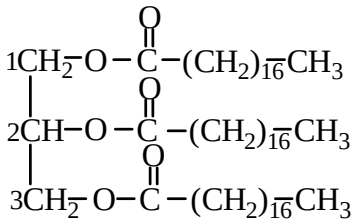
ВКК або жирні кислоти

За дуже невеликим виключенням, карбонові кислоти з яких утворені жири, відносяться до нерозгалужених кислот і містять 3-18 атомів карбону; за виключенням C_3- та C_5-предстаників, в жирах присутні у помітних кількостях тільки кислоти з парним числом атомів карбону. Відомо понад 500 природних насичених та ненасичених карбонових кислот, що входять до складу жирів

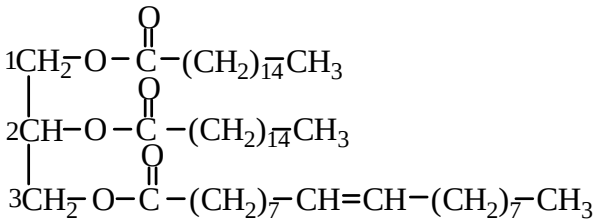
Формула кислоти	**Номенклатура**	
	IUPAC	**тривіальна**
$CH_3-(CH_2)_{10}-COOH\ (C_{12})$	додеканова	лауринова
$CH_3-(CH_2)_{12}-COOH\ (C_{14})$	тетрадеканова	міристинова
$CH_3-(CH_2)_{14}-COOH\ (C_{16})$	гексадеканова	пальмітинова
$CH_3-(CH_2)_{15}-COOH\ (C_{17})$	гептадеканова	маргаринова
$CH_3-(CH_2)_{16}-COOH\ (C_{18})$	октадеканова	стеаринова
$CH_3-(CH_2)_{18}-COOH\ (C_{20})$	ейкозанова	арахінова
$CH_3-(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_7-COOH\ (C_{18})$	*цис*-9-октадеценова	олеїнова
$CH_3-(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_7-COOH\ (C_{18})$	*транс*-9-октадеценова	елаїдинова
$CH_3-(CH_2)_4-CH=CH-CH_2-CH=CH-(CH_2)_7-COOH\ (C_{18})$	*цис-цис*-9,12-октадекадієнова	лінолева
$CH_3-CH_2-CH=CH-CH_2-CH=CH$ $(C_{18})HOOC-(CH_2)_7-CH=CH-CH_2$	*цис-цис-цис*-9,12,15-октадекатриєнова	*α*-ліноленова
$CH_3-(CH_2)_4-(CH=CH-CH_2)_4-(CH_2)_2-COOH\ (C_{20})$	*цис-цис-цис-цис*-5,8,11,14-ейкозатетраєнова	арахідонова

Пальмітинова та стеаринова – найпоширеніші у більшості рослинних олій і тваринних жирів. Олеїнова входить до складу багатьох рослинних олій

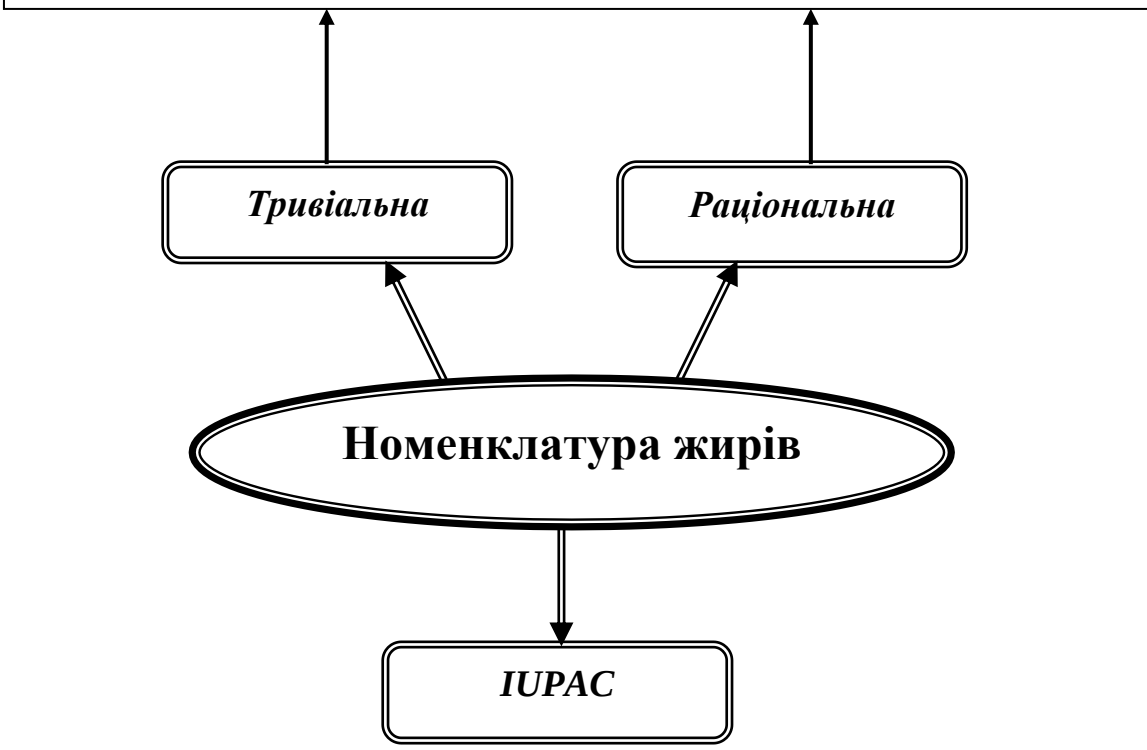
Естери гліцерину називають гліцеридами або ж нумерують атоми карбону гліцерину 1,2,3 та зазначають положення замісників, додаючи слово “гліцерин”:



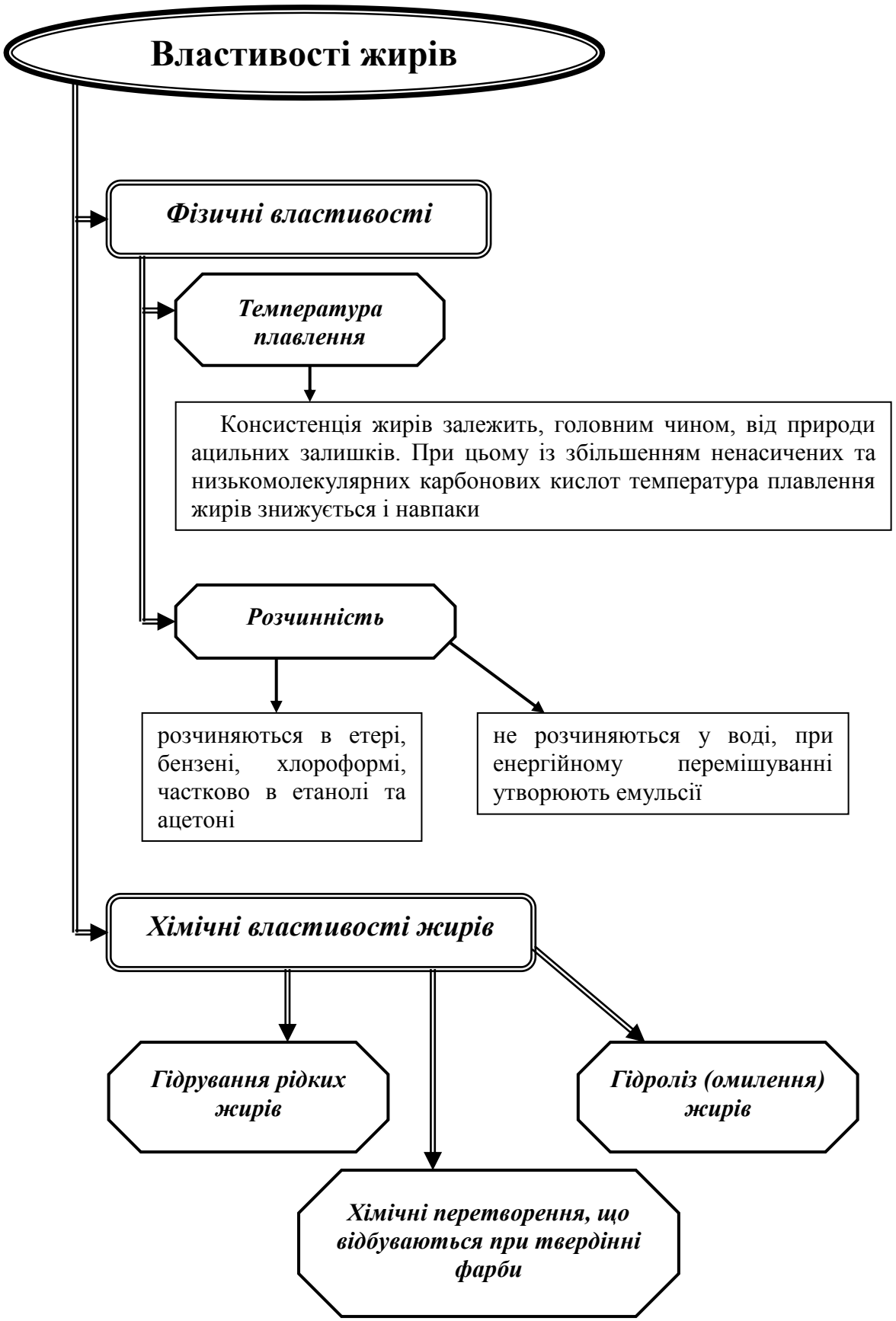
1,2,3-тристеарат гліцерину
тристеарин



1,2-дипальмітоат-3-олеїноат гліцерину
α-олеодипальмітин
α^1-олеодипальмітат гліцерину



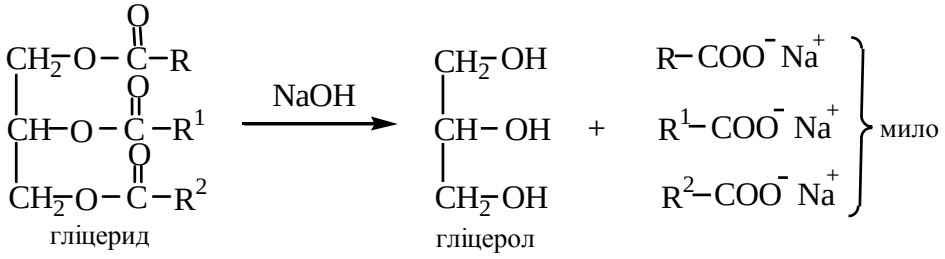
Номенклатура IUPAC жирів
Родоначальна структура
Префікс
корінь
суфікс
Суфікс
пропантриїл (тризаміщений гліцерол)
головний ланцюг карбонової кислоти (карбонових кислот) з локантом атома карбону гліцеролу та множинними префіксами
ступінь насиченості або ненасиченості кислоти -ан, -ен (-єн). -ин (-ін, -їн) з локантом
-оат
пропантриїл-1,2,3-триоктадеканоат
пропантриїл-1,2-дигексадеканоат-3-октадец-9-еноат


Властивості жирів
Фізичні властивості
Температура плавлення
Консистенція жирів залежить, головним чином, від природи ацильних залишків. При цьому із збільшенням ненасичених та низькомолекулярних карбонових кислот температура плавлення жирів знижується і навпаки
Розчинність
розчиняються в етері, бензені, хлороформі, частково в етанолі та ацетоні
не розчиняються у воді, при енергійному перемішуванні утворюють емульсії
Хімічні властивості жирів
Гідрування рідких жирів
Гідроліз (омилення) жирів
Хімічні перетворення, що відбуваються при твердінні фарби

Хімічні властивості жирів

Гідроліз (омилення) жирів

Реагент: розчин NaOH (KOH).
Умови: нагрівання.



гліцерид — гліцерол

Мило – суміш натрієвих або калійних солей жирних кислот з довгим ланцюгом. Натрієві солі – тверді мила, калійні – рідкі мила.

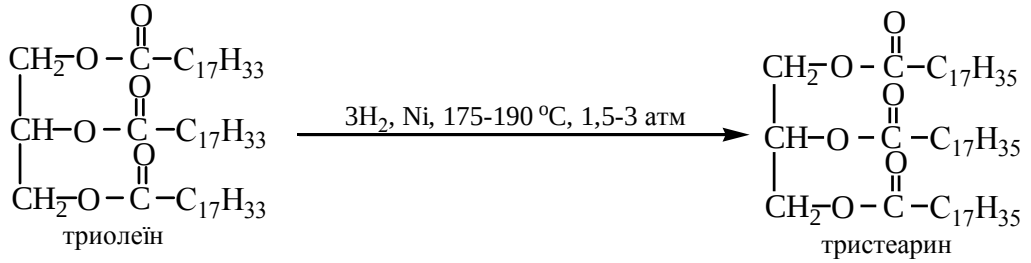
Мило може відрізнятися за складом і методом одержання. З хімічної точки зору усі мила однакові і природа їх дії у всіх випадках однакова

Хімічні властивості жирів

Гідрування рідких жирів

Гідрування подвійних зв'язків в рідких рослинних жирах, які містять ненасичені кислоти, приводить до процесу отвердіння жирів. Цей метод лежить в основі важливій галузі, яка виробляє харчові жири та маргарин

Реагент: H_2.
Умови: нагрівання (175-190 ºС); тиск (1,5-3 атм); kat (Ni).



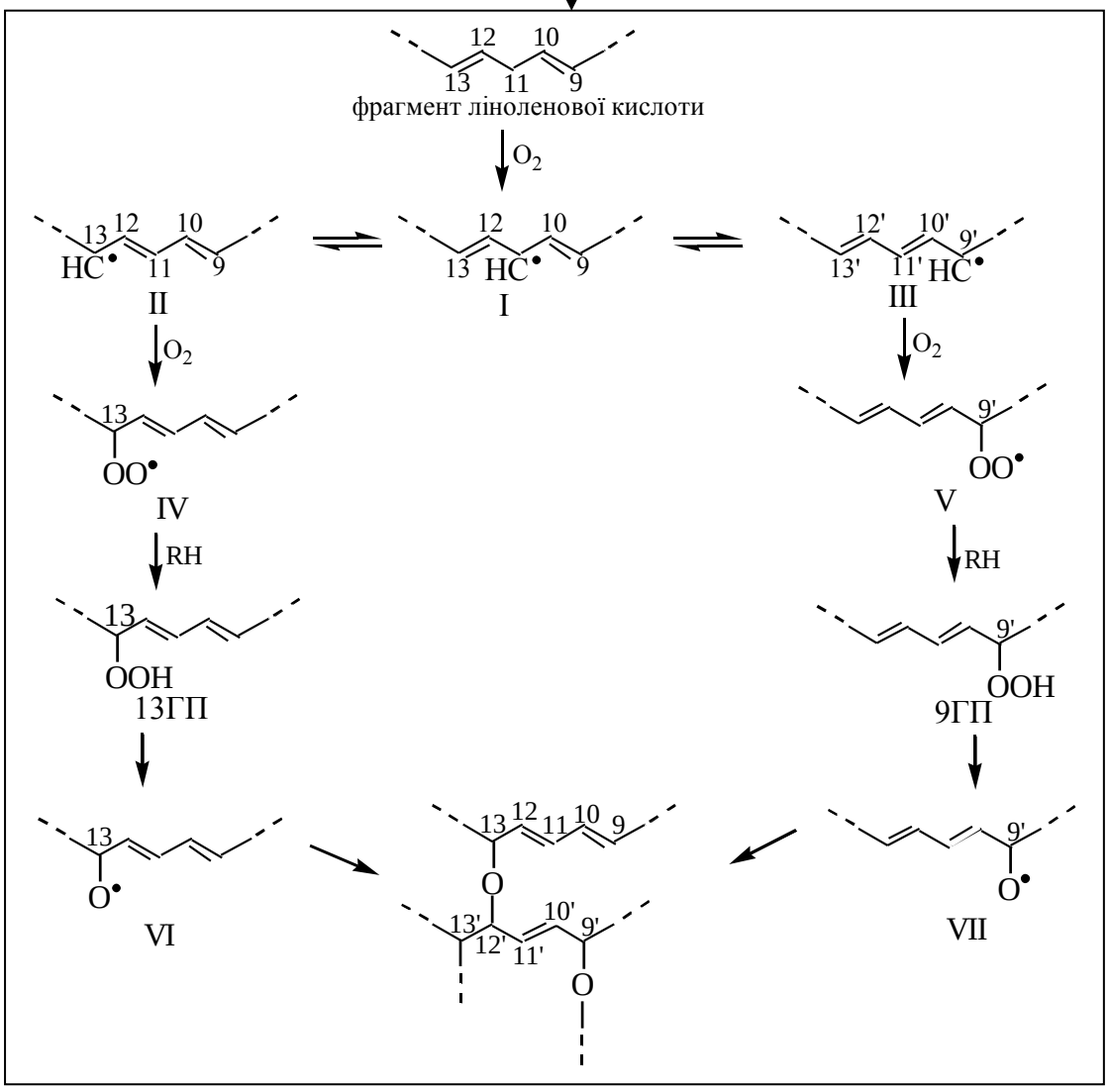
триолеїн

тристеарин

Гідрування змінює не тільки фізичні властивості жирів, але й хімічні властивості. Гідрований жир важче прогаркає, ніж негідрований. Прогірклий смак обумовлений наявністю летких кислот та альдегідів, які погано тхнуть. Ці сполуки утворюються за рахунок атаки киснем за реакційноздатним алільним положенням в молекулі жиру. Гідрування сприяє сповільненню прогарканню, ймовірно, внаслідок зменшення числа подвійних зв'язків, отож, алільних положень

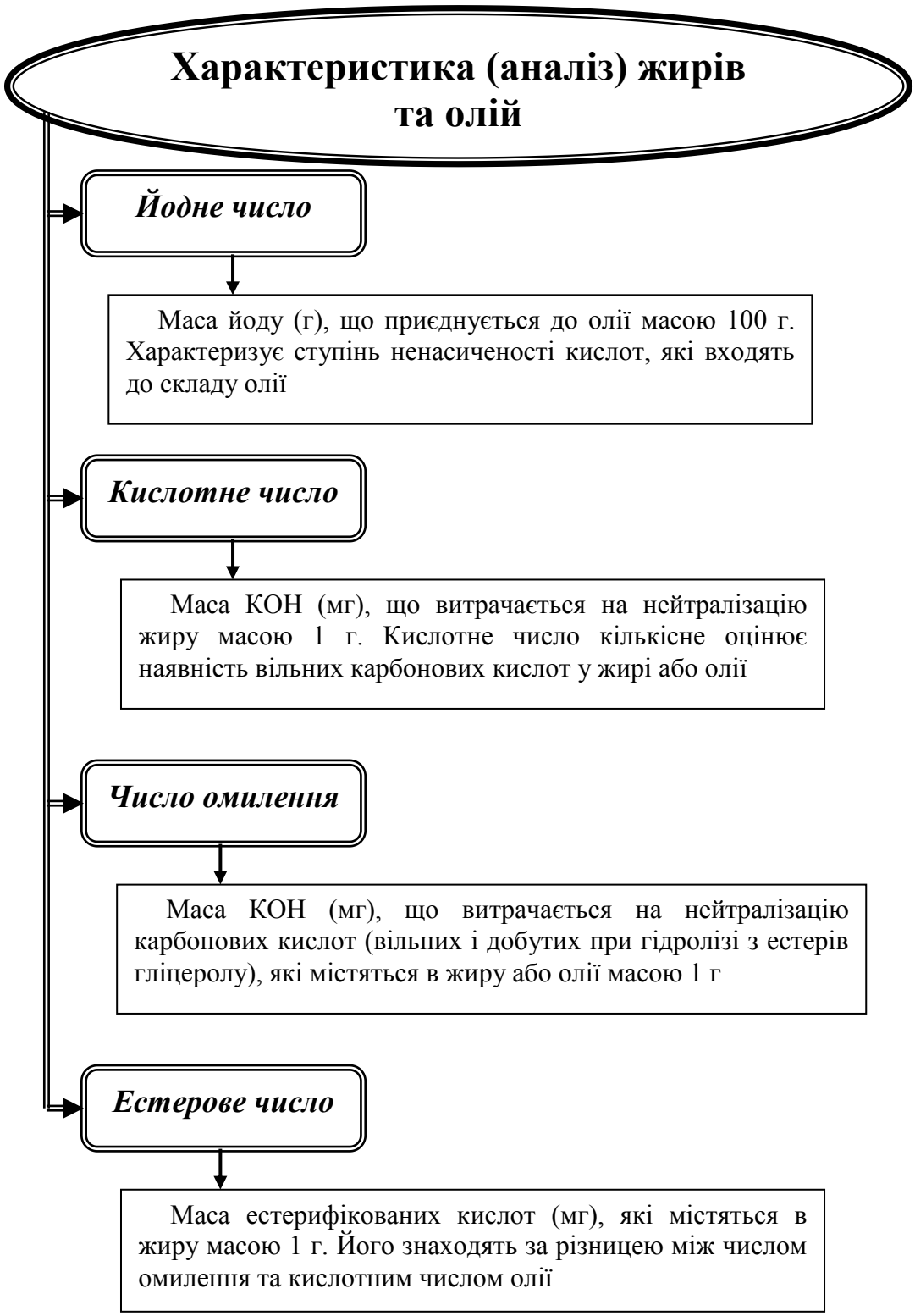
Хімічні властивості жирів

Хімічні перетворення, що відбуваються при твердінні фарби

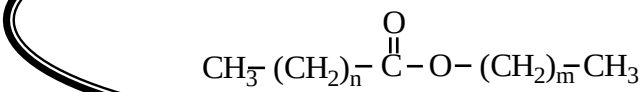


До висихаючих олій належать лляна, конопляна, соєва, тунгова, перилова тощо

Олія	**Вміст кислот, %**		
лляна	лінолева до 30	ліноленова до 50	
конопляна	лінолева 50-60	ліноленова 16	
соєва	лінолева 55	ліноленова 3	олеїнова 33
тунгова	елеостеаринова до 80	олеїнова 15	
перилова	лінолева 16	ліноленова 70	олеїнова 18


Характеристика (аналіз) жирів та олій
Йодне число
Маса йоду (г), що приєднується до олії масою 100 г. Характеризує ступінь ненасиченості кислот, які входять до складу олії
Кислотне число
Маса КОН (мг), що витрачається на нейтралізацію жиру масою 1 г. Кислотне число кількісне оцінює наявність вільних карбонових кислот у жирі або олії
Число омилення
Маса КОН (мг), що витрачається на нейтралізацію карбонових кислот (вільних і добутих при гідролізі з естерів гліцеролу), які містяться в жиру або олії масою 1 г
Естерове число
Маса естерифікованих кислот (мг), які містяться в жиру масою 1 г. Його знаходять за різницею між числом омилення та кислотним числом олії

Воски



Восками називають жироподібні аморфні речовини з температурою плавлення 36-90 ºС. За хімічною природою – це естери ВКК та насичених, ненасичених первинних ВС. Останні здебільшого мають парну кількість атомів карбону:

Формула спирту	**Номенклатура**	
	IUPAC	**тривіальна**
	насичені	
$C_{12}H_{25}OH$	додеканол	лауриловий
$C_{14}H_{29}OH$	тетрадеканол	міристиновий
$C_{16}H_{33}OH$	гексадеканол	цетиловий
$C_{26}H_{53}OH$	гексакозанол	цериловий
$C_{28}H_{57}OH$	октикозанол	монтановий
$C_{30}H_{61}OH$	триаконтанол	триокантиловий
$C_{31}H_{63}OH$	гентриаконтанол	мірициловий
	ненасичені	
$C_{12}H_{23}OH$	додеценол	ланоліновий
$C_{18}H_{35}OH$	*цис*-8-октадеценол	олеїновий

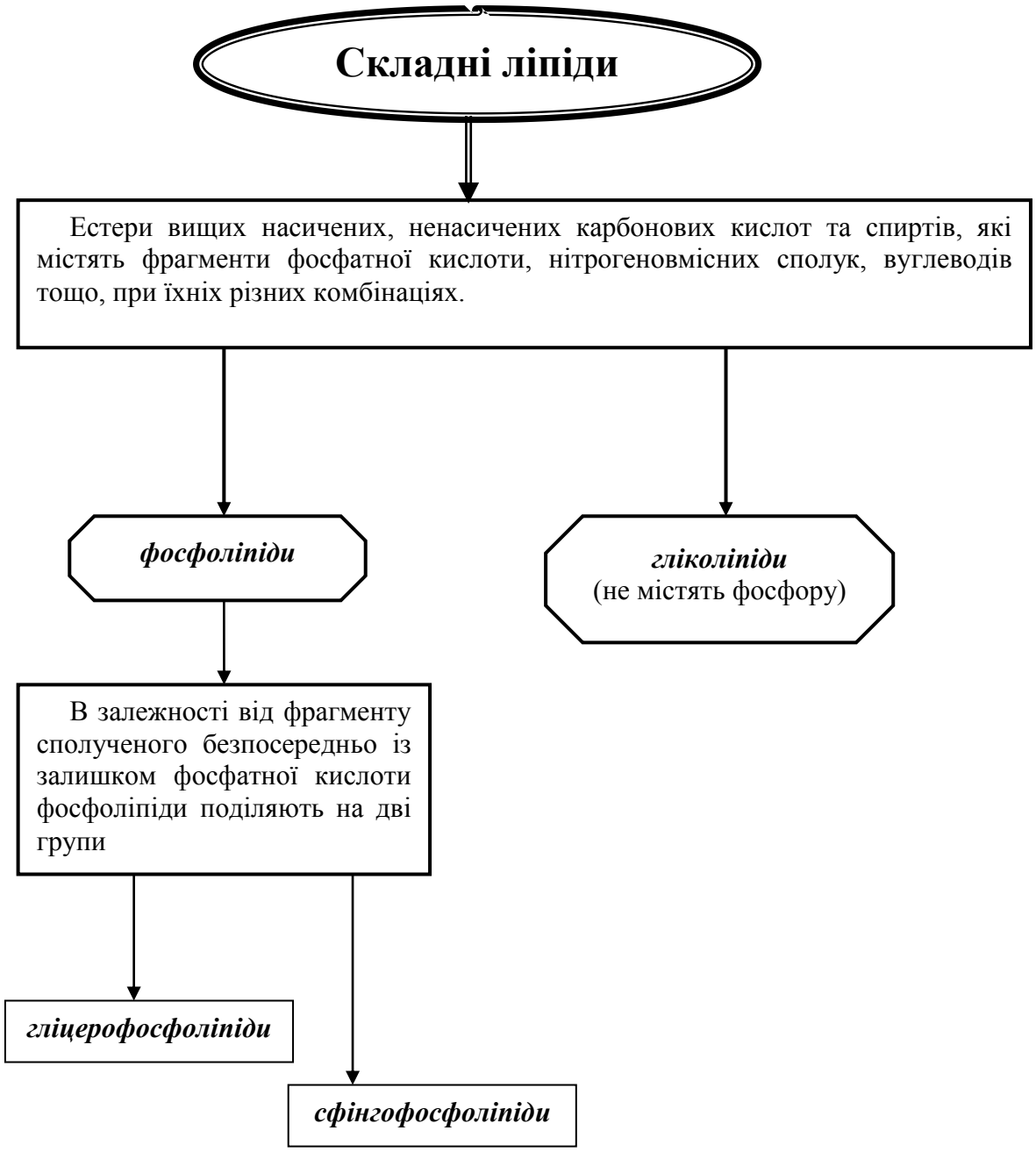
Крім естерів, у воску містяться вільні ВКК і ВС, алкани та інші домішки. Внаслідок цього воски подібні за хімічними властивостями до жирів, але гідролізуються тільки в лужних середовищах

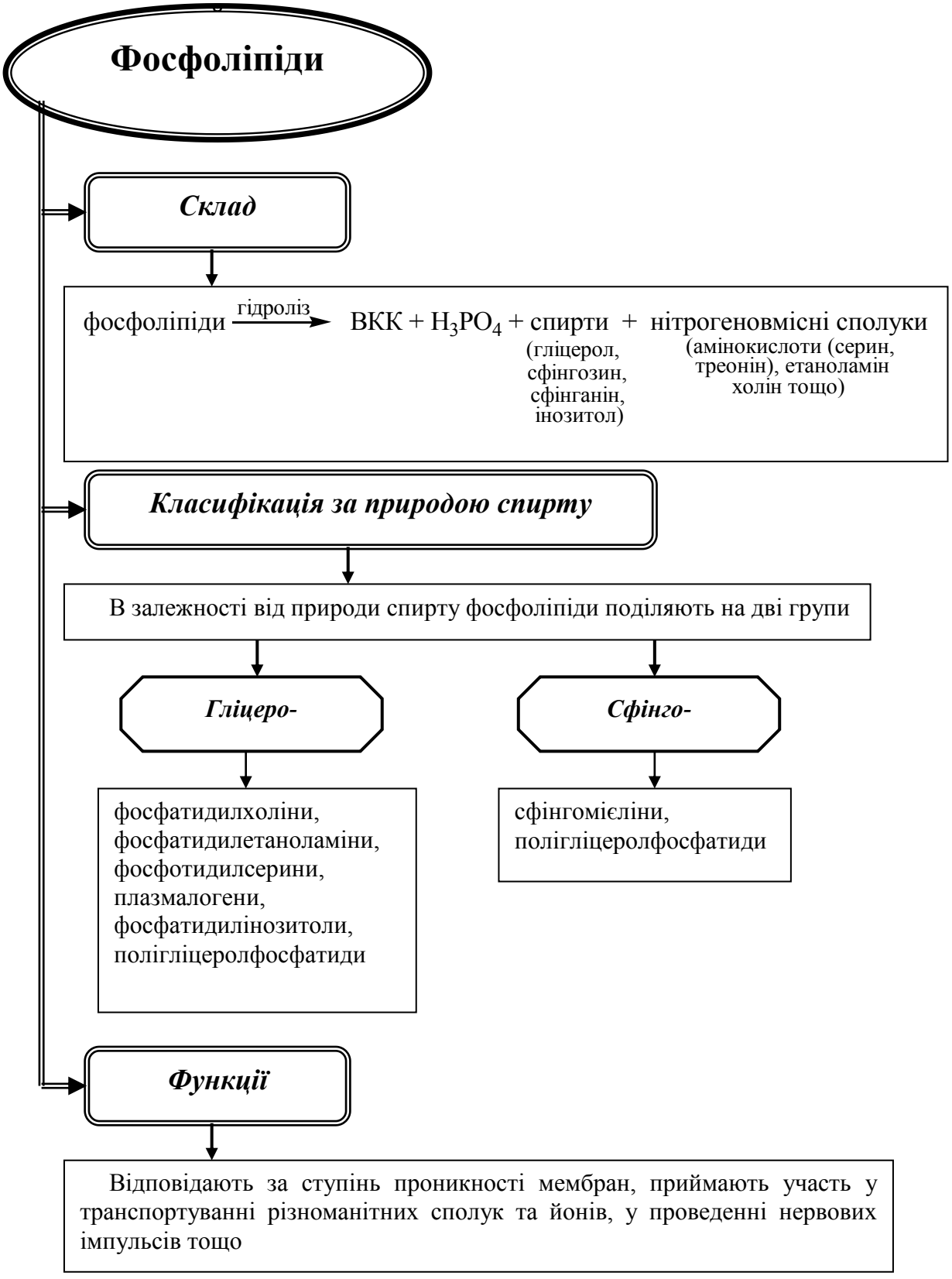
Тваринні
(бджолиний, ланолін, спермацет)

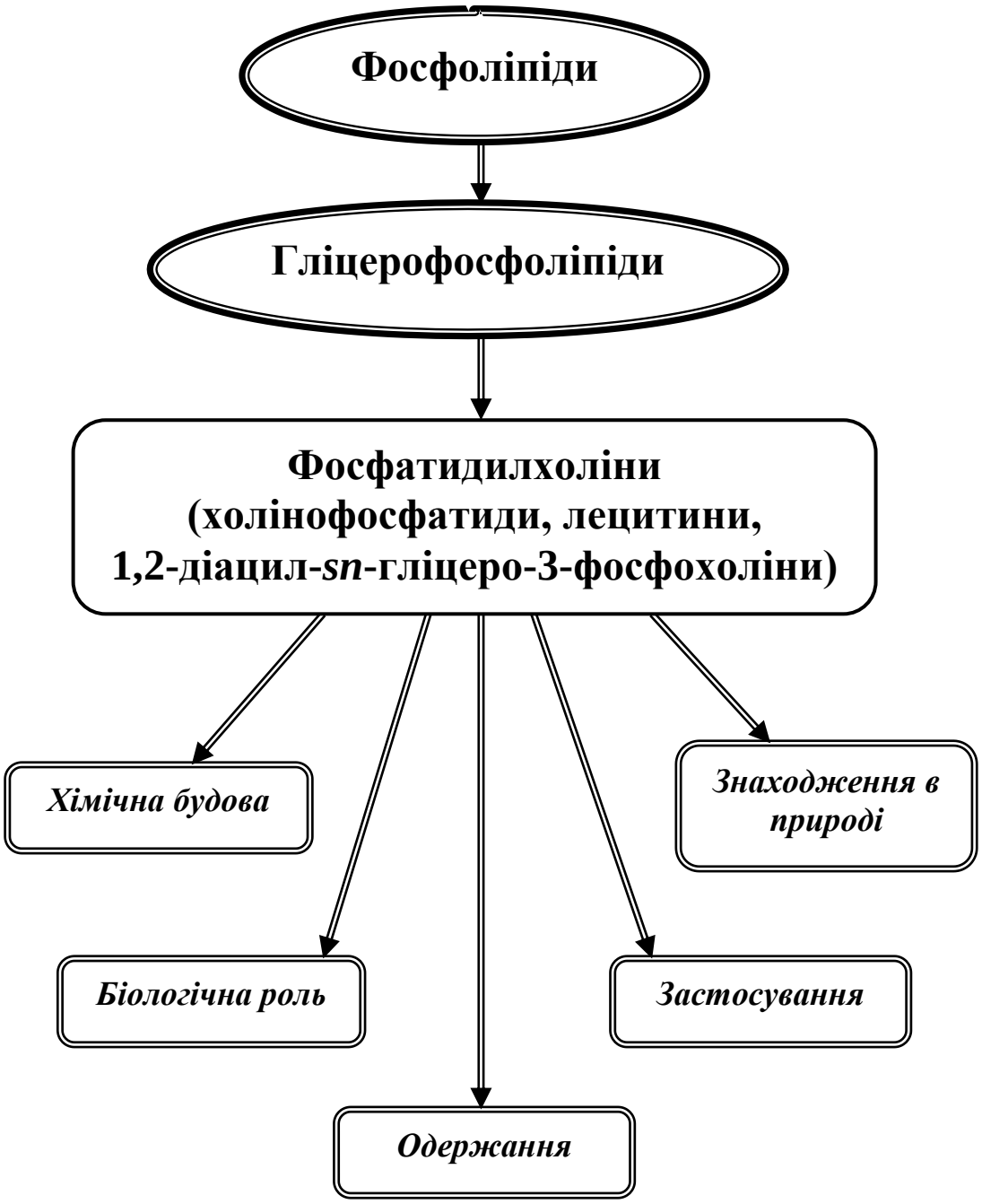
функція захисту поверхні тіла тварин від дії вологи

Рослинні
(карнаубський, лляний)

функція захисту поверхні листя плодів, стеблин, втрати вологи та дії шкідливих мікроорганізмів


Складні ліпіди
Естери вищих насичених, ненасичених карбонових кислот та спиртів, які містять фрагменти фосфатної кислоти, нітрогеновмісних сполук, вуглеводів тощо, при їхніх різних комбінаціях.
фосфоліпіди
гліколіпіди
(не містять фосфору)
В залежності від фрагменту сполученого безпосередньо із залишком фосфатної кислоти фосфоліпіди поділяють на дві групи
гліцерофосфоліпіди
сфінгофосфоліпіди

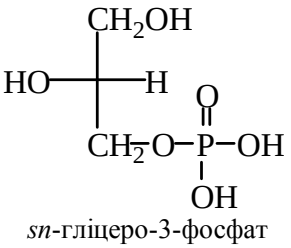

Фосфоліпіди
Склад
фосфоліпіди гідроліз ВКК + H_3PO_4 + спирти (гліцерол, сфінгозин, сфінганін, інозитол) + нітрогеновмісні сполуки (амінокислоти (серин, треонін), етаноламін холін тощо)
Класифікація за природою спирту
В залежності від природи спирту фосфоліпіди поділяють на дві групи
Гліцеро-
Сфінго-
фосфатидилхоліни, фосфатидилетаноламіни, фосфотидилсерини, плазмалогени, фосфатидилінозитоли, полігліцеролфосфатиди
сфінгомієліни, полігліцеролфосфатиди
Функції
Відповідають за ступінь проникності мембран, приймають участь у транспортуванні різноманітних сполук та йонів, у проведенні нервових імпульсів тощо


Фосфоліпіди
Гліцерофосфоліпіди
Фосфатидилхоліни
(холінофосфатиди, лецитини,
1,2-діацил-*sn*-гліцеро-3-фосфохоліни)
Хімічна будова
Біологічна роль
Одержання
Застосування
Знаходження в природі

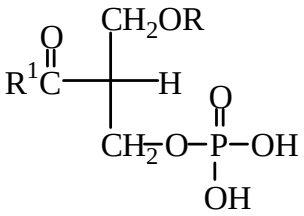
Фосфоліпіди

Гліцерофосфоліпіди

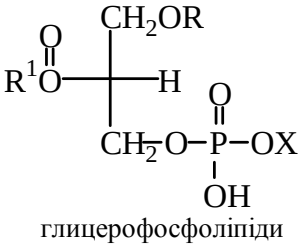
Гліцерофосфоліпіди – похідні фосфатидної кислоти, яка, у свою чергу, похідна гліцерол-3-фосфату (продукт ацилювання його за обома гліцероловими гідроксилами):



sn-гліцеро-3-фосфат



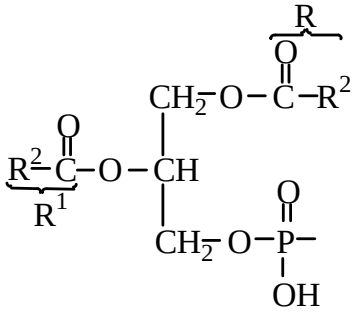
фосфатидна кислота



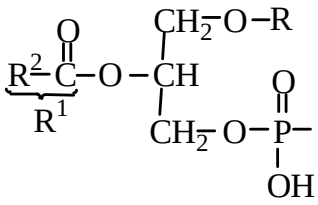
глицерофосфоліпіди

X– замісник нітрогеновмісної сполуки;
R– ацильні залишки ВКК (найчастіше), меншою мірою алкільні або алкенільні залишки ВС;
R^1– ацильні залишки

Найпоширеніші діацільні похідні



залишок фосфатидилу



R–алкіл – залишок плазманілу
R–алкеніл – залишок плазменілу

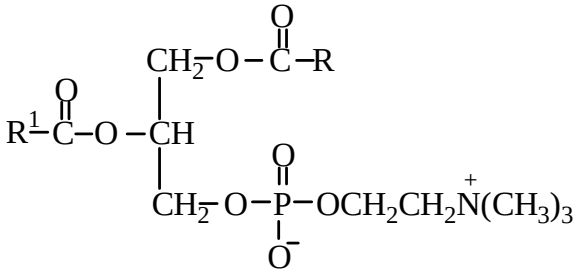
В залежності від природи замісника X (холін, етаноламін, серин, інозитол, які естерифікують фосфатидну кислоту за фосфатним гідроксилом) гліцерофосфоліпіди поділяють

- *фосфатидилхоліни*
- *фосфатидилетаноламіни*
- *фосфатидилсерини*
- *фосфатидилінозитоли*
- *фосфатидилтреоніни*

Фосфоліпіди

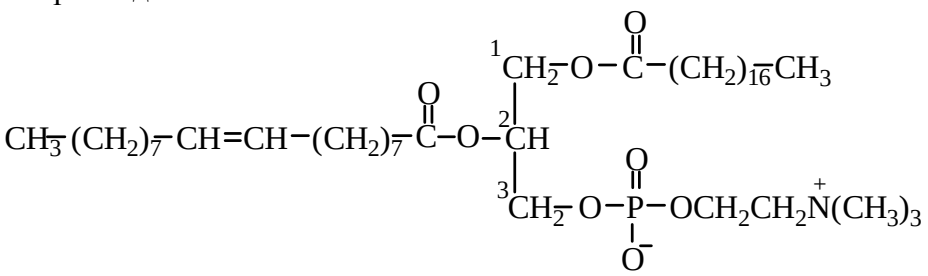
Гліцерофосфоліпіди

Хімічна будова фосфатидилхолінів

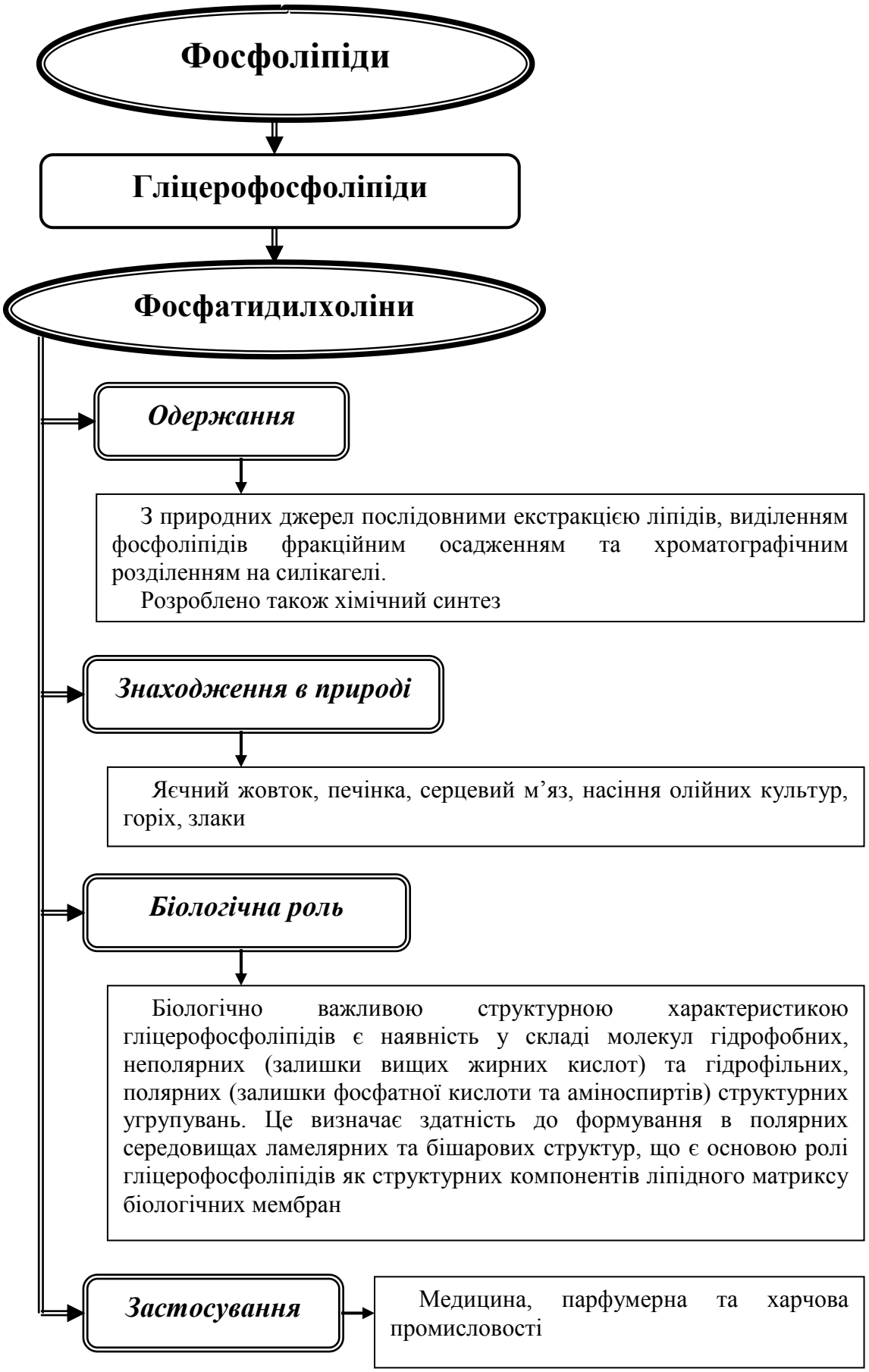


R– залишок насиченої кислоти при С1;
R^1– залишок ненасиченої кислоти при С2.

Кількість атомів карбону в кислотах C_{16}-C_{22} (здебільшого C_{16}-C_{18}).
Наприклад:



1-стеароїл-2-олеїл-*sn*-гліцеро-3-фосфохолін

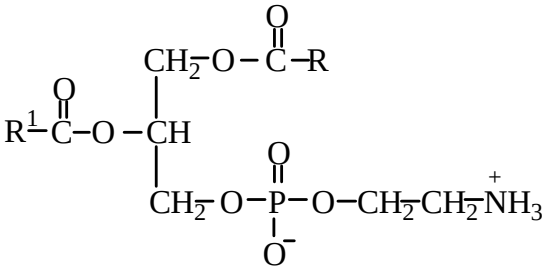

Фосфоліпіди
Гліцерофосфоліпіди
Фосфатидилхоліни
Одержання
З природних джерел послідовними екстракцією ліпідів, виділенням фосфоліпідів фракційним осадженням та хроматографічним розділенням на силікагелі.
Розроблено також хімічний синтез
Знаходження в природі
Яєчний жовток, печінка, серцевий м'яз, насіння олійних культур, горіх, злаки
Біологічна роль
Біологічно важливою структурною характеристикою гліцерофосфоліпідів є наявність у складі молекул гідрофобних, неполярних (залишки вищих жирних кислот) та гідрофільних, полярних (залишки фосфатної кислоти та аміноспиртів) структурних угрупувань. Це визначає здатність до формування в полярних середовищах ламелярних та бішарових структур, що є основою ролі гліцерофосфоліпідів як структурних компонентів ліпідного матриксу біологічних мембран
Застосування
Медицина, парфумерна та харчова промисловості

Фосфоліпіди

Гліцерофосфоліпіди

Фосфатидилетаноламіни (етаноамінофосфатиди, 1,2-діацил-*sn*-гліцеро-3-фосфоетаноламіни)

Хімічна будова



R, R^1 – залишки ВКК (подібні до залишків ВКК фосфатидилхолінів), здебільшого стеаринової та олеїнової.

Одержання

З природних джерел екстракцією ліпідів і наступним розділенням відповідної суміші рідинною хроматографією.

Розроблено хімічний синтез

Знаходження в природі

Тканини тварин і рослин, але меншою мірою, ніж фосфатидилхоліни. У великих кількостях містяться у головному мозку, плазмі крові, нирках та печинці, компоненти клітинних мембран

Біологічна роль

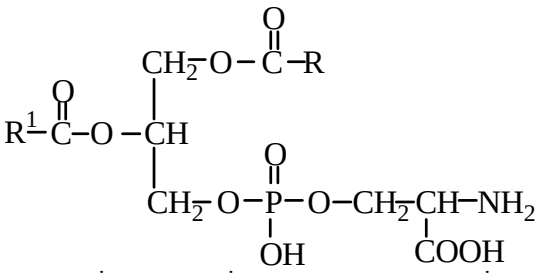
Приймають участь в обмінних реакціях

Фосфоліпіди

Гліцерофосфоліпіди

Фосфатидилсерини
(серинофосфатиди,
1,2-діацил-*sn*-гліцеро-3-фосфосерини)

Хімічна будова



нітрогеновмісна компонента – амінокислота *L*-серин.

Більш сильні кислоти, ніж фосфатидилхоліни та фосфатидилетаноламіни

Одержання

Обробка природних або синтетичних фосфатидилхолінів *L*-серином та фосфоліпазою *D*. Розроблено хімічний синтез

Знаходження в природі

Мозок ссавців (до 15 % від загальної кількості фосфоліпідів), у тканинах серця, нирок, печінки – до 10 %

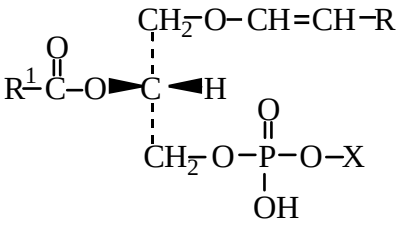
Біологічна роль

Участь у синтезі фосфатидилетаноламінів *in vivo*, а також регуляції активності багатьох мембранних ензимів

Гліцерофосфоліпіди

Плазмалогени (ацетальфосфатиди)

Хімічна будова



X – спирт.

X – холін – фосфатидальхолін;
X – етаноламін – фосфатидальетаноламін;
X – серин – фосфатидальсерин;
X – інозитол – фосфатидальінозитол.

При атомі С1 гліцерольного фрагмента міститься залишок альдегіду відповідних ВКК. Вважається, що при взаємодії альдегіду в умовах *in vivo* в енольній формі із гліцероловим гідроксилом утворюється етерний зв'язок

Властивості

На відміну від інших фосфоліпідів, плазмалогени здатні до повного гідролізу в кислому середовищі, але стійкі у лужному

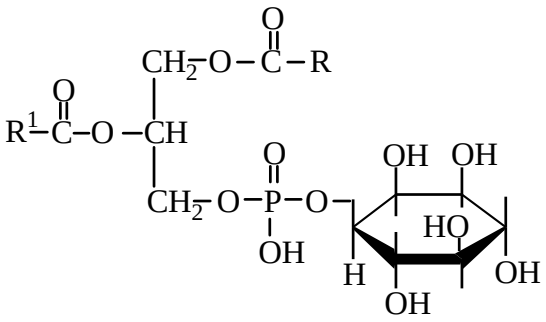
Знаходження в природі

Нервові тканини (до 22 % від загальної кількості ліпідів), м'язи

Гліцерофосфоліпіди

Фосфатидилінозитоли (лінозитолфосфатиди, 1,2-діацил-*sn*-гліцеро-3-фосфо-1'-інозитол)

Хімічна будова



спирт – шестиатомний циклічний спирт – інозитол (інозит);
R – залишок насиченої ВКК;
R^1 – залишок ненасиченої ВКК, найчастіше арахідонової кислоти

Одержання

З дріжджів або мозку тварин екстракцією органічними розчинниками, подальше розділення хроматографічною очисткою

Знаходження в природі

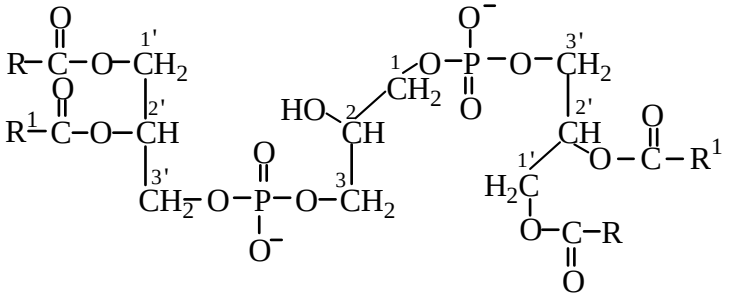
В тканинах мікробів, тварин (мозок, легені, печінка), рослин

Гліцерофосфоліпіди

Кардіоліпіни (1,3-біс-(1',2'-діацил-*sn*-гліцеро-3'-фосфо)гліцероли)

Хімічна будова

До складу молекули входять три залишки гліцеролу, що сполучені з двома фосфодіестерними групами в положеннях 1 та 3. Гідроксильні групи двох крайніх гліцеролів ацильовані вищими карбоновими кислотами, найчастіше – лінолевою:



Біологічна роль

Сприяють процесам окиснювального фосфорилювання або транспорту електронів у дихальному ланцюгу ферментів

Знаходження в природі

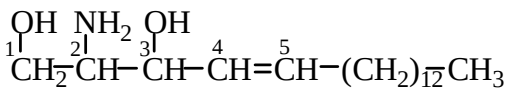
Внутрішні мембрани мітохондрій, дріжджах, деяких бактеріях

Гліцерофосфоліпіди

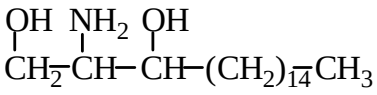
Сфінгофосфоліпіди

Хімічна будова

Побудовані на основі двоатомного аміноспирту сфінгозину (18 атомів карбону) або його насиченого аналога – сфінганіну:

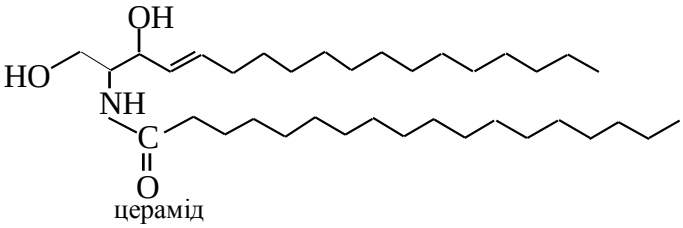


сфінгозин



сфінганін

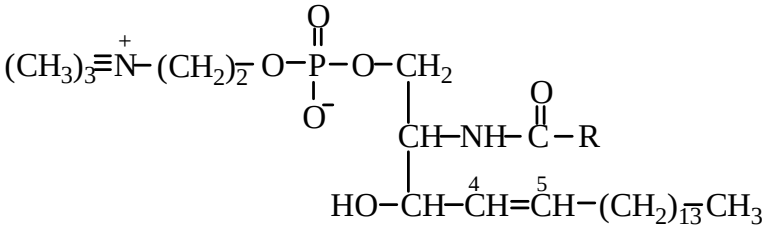
Сполуки сфінгозину з лише ВВК – цераміди – попередники сфінгофосфоліпідів у процесах фотосинтезу:



церамід

Сфінгофосфоліпіди – фосфатні естери церамідів та аміноспиртів (холіну, етаноламіну) або амінокислоти – серину.

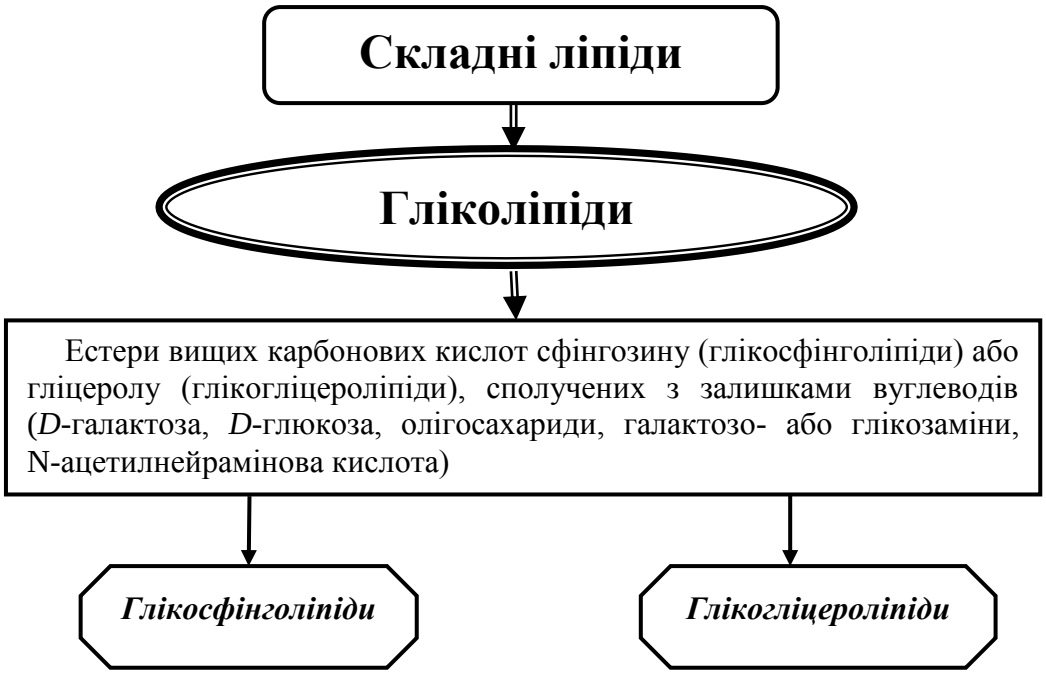
Холіновмісні сфінгофосфоліпіди – сфінгомієліни:

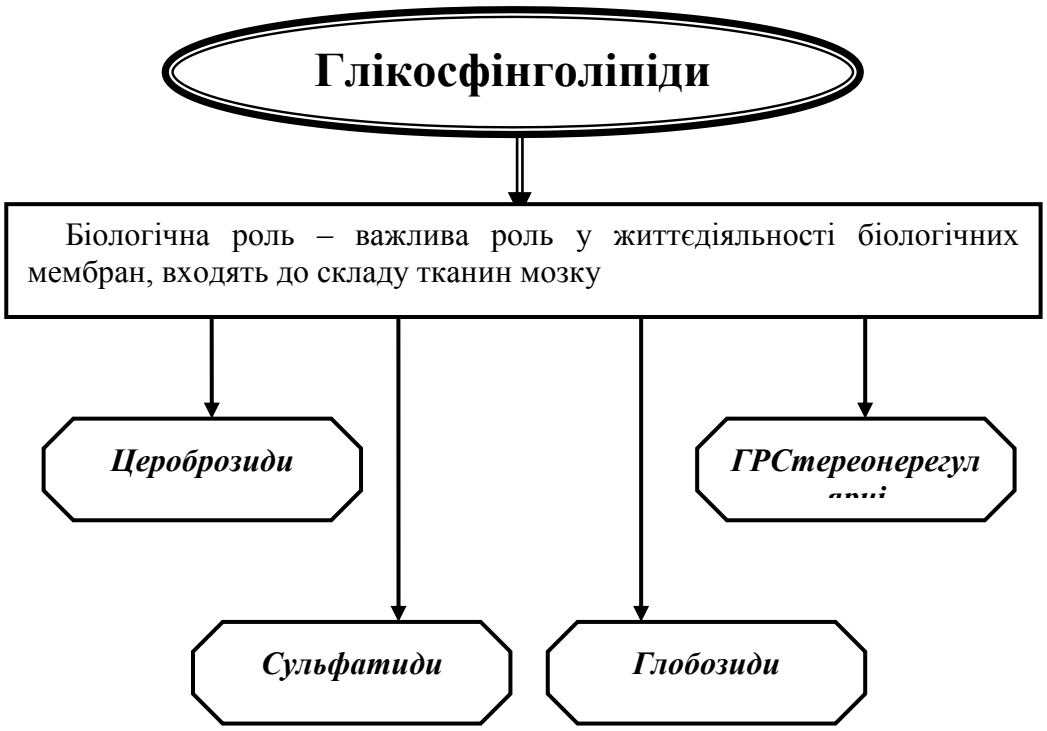


сфінгомієлін

Знаходження в природі

Нервові тканини печінки, нирки, легені, сіра та біла речовини мозку


Складні ліпіди
Гліколіпіди
Естери вищих карбонових кислот сфінгозину (глікосфінголіпіди) або гліцеролу (глікогліцероліпіди), сполучених з залишками вуглеводів (*D*-галактоза, *D*-глюкоза, олігосахариди, галактозо- або глікозаміни, N-ацетилнейрамінова кислота)
Глікосфінголіпіди
Глікогліцероліпіди

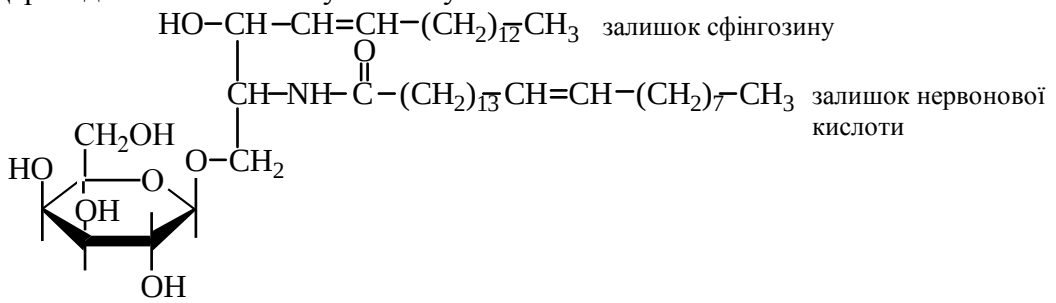

Глікосфінголіпіди
Біологічна роль – важлива роль у життєдіяльності біологічних мембран, входять до складу тканин мозку
Цероброзиди
ГРСтереонерегул
Сульфатиди
Глобозиди

Глікосфінголіпіди

Цереброзиди

Хімічна будова

Подібні до сфінголіпідів, але не містять фрагментів фосфатної кислоти та нітрогеновмісної основи. Найпоширеніші – галакто- та глюкоцеребозиди. Церамідна основа молекули сполучена з *D*-галактозою або *D*-глюкозою:



галактоцереброзид (нервон)

Залишки вуглеводів сполучені з церамідною основою *β*-глікозидним зв'язком (виняток – фруктози)

Властивості

Тверді речовини, не розчиняються у воді, розчиняються в органічних розчинниках.

При кислотному гідролізі утворюються складові: сфінгозини, ВКК, моносахариди

Одержання

Глікозилювання бензоїлцерамідів за реакцією Кьонігса-Кнорра

Знаходження в природі

Внутрішні мембрани мітохондрій, дріжджах, деяких бактеріях

Застосування

Діагностичні препарати

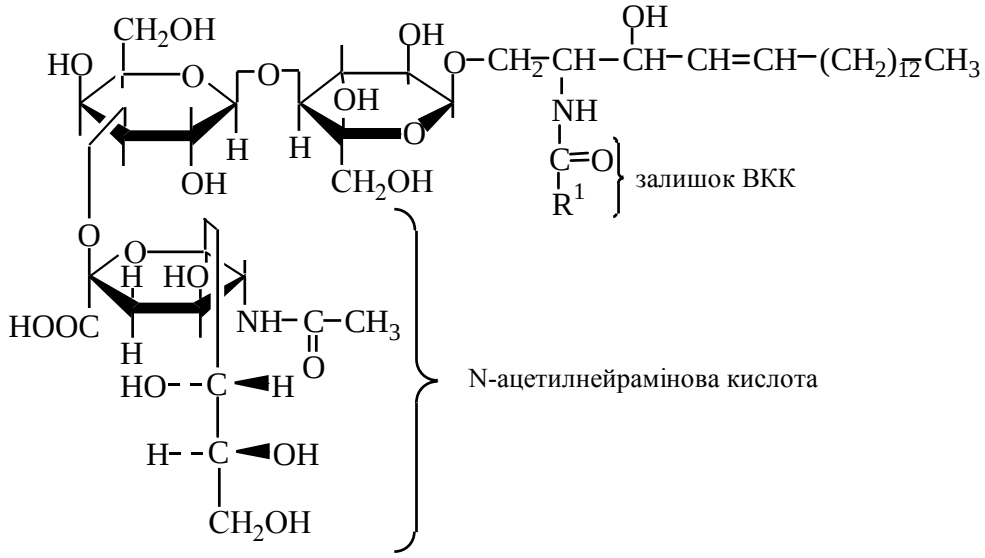
Глікосфінголіпіди

Гангліозиди

Хімічна будова

Містять одну або кілька молекул N-ацетилнейрамінової (сіалової) кислоти, як складової вуглеводної компоненти.

За будовою подібні до цереброзидів, але містять не один фрагмент моносахариду, а олігосахаридний блок із кількох ланок моносахаридів і однієї або більшої кількості ланок сіалової кислоти:



Біологічна роль

Приймають участь у регуляції росту й адгезії клітин, передачі нервових імпульсів, імунологічних процесах

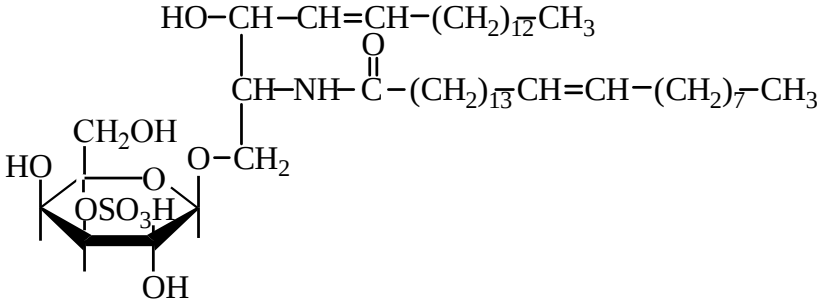
Знаходження в природі

Сіра речовина мозку, мембрани нервових тканин

Глікосфінголіпіди

Сульфатиди (цереброзидосульфати)

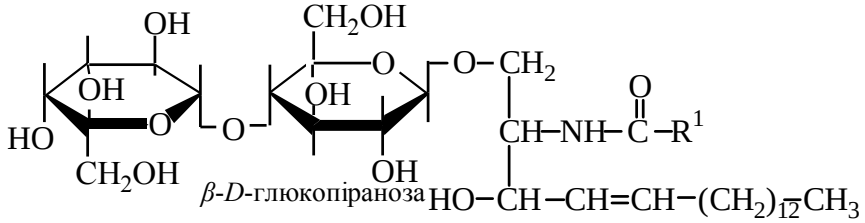
До цієї групи належать сульфатовані похідні цереброзидів.



3'-сульфогалактоцереброзид

Глобазиди (олігоглікозилцераміди)

Відрізняються від гангліозидів природою вуглеводного фрагмента. Олігосахариди: дисахарид лактози, трисахариди галактозиллактози тощо.



β-D-галактопіраноза

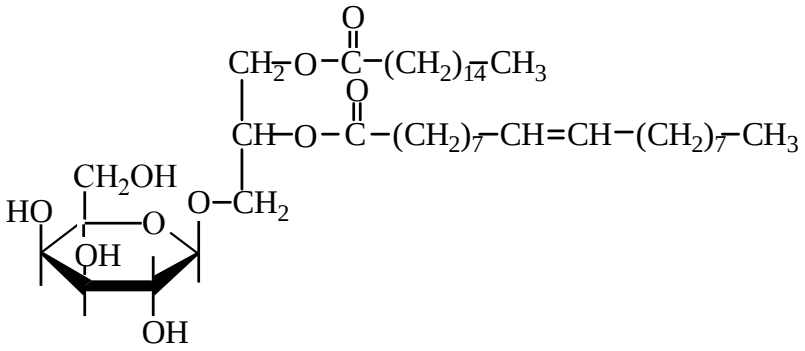
β-D-глюкопіраноза

лактозилцерамід

Глікосфінголіпіди

Глікогліцероліпіди (глікозилдигліцериди)

Естери гліцеролу та насичених і ненасичених ВКК. Гліцерол при атомі карбону С3 естерним зв'язком сполучений з моно- або олігосахаридами: моноглікозилдіацилгліцероли, диглікозилдіацилгліцероли тощо:



моногалактозилдіацилгліцерол
3-О-*β*-*D*-галактопіранозил-1-пальмітоїл-2-олеоїл-*sn*-гліцерол

Біологічна роль

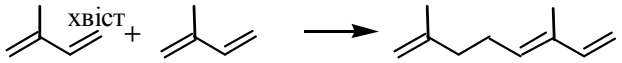
Приймають участь у фотосинтезі, забезпечуючи при цьому стеричну орієнтацію молекул хлорофілу

Знаходження в природі

Нервові тканини ссавців, вищі рослини, водорості, деякі бактерії

Терпени

Природні сполуки побудовані з ізопренових фрагментів, сполучених один з одним за типом “голова до хвоста” (ізопренове правило):

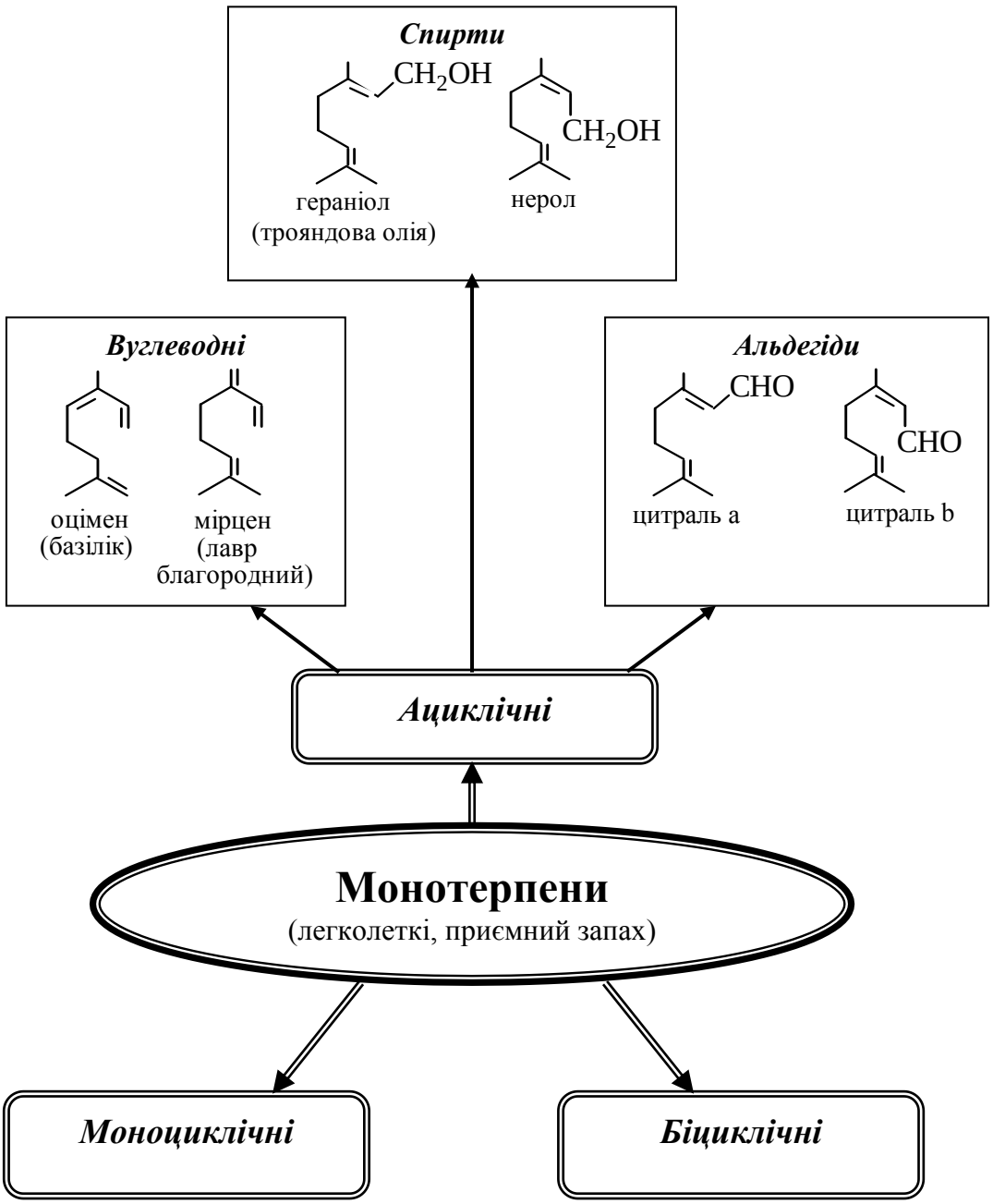


ізопрен (C_5H_8)

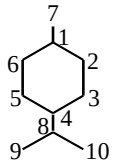
оцимен ($C_{10}H_{20}$)

Складова частина запашних (ефірних) олій

Загальна формула $(C_5H_8)_n$
Вміст гідрогену не відповідає формулі $(C_5H_8)_n$
Альдегіди
Спирти
Кетони
Вуглеводні
Терпеноїди
За якісним та кількісним складом
Класифікація терпенів
За числом ізопренових фрагментів
Монотерпени 2 фрагменти
Сесквітерпени 3 фрагменти
Дитерпени 4 фрагменти
Тритерпени 6 фрагментів
Політерпени


Спирти
CH2OH
CH2OH
гераніол
(трояндова олія)
нерол
Вуглеводні
оцімен
(базілік)
мірцен
(лавр
благородний)
Альдегіди
CHO
CHO
цитраль a
цитраль b
Ациклічні
Монотерпени
(легколеткі, приємний запах)
Моноциклічні
Біциклічні

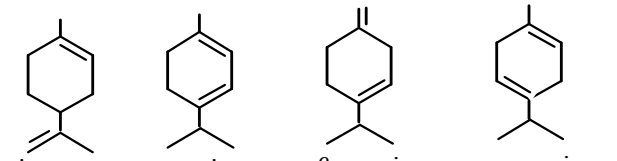
Основа n-ментан



n-ментан

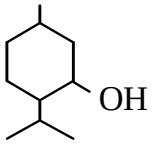
Моноциклічні монотерпени

Вуглеводні



лімонен *α*-терпінен *β*-терпінен *γ*-терпінен

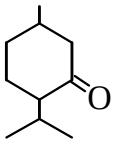
Спирти



ментол

Ментол – 3-гідроксипохідне *n*-ментана. Існує 4 діастереомери такої будови, які різняться за фізичними властивостями та запахом. Використовується для одержання запашних есенцій

Кетони

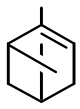


ментон

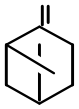
Вуглеводні

Основа пінан

пінан



α-пінен



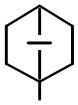
β-пінен

Основна складова частина скипидару

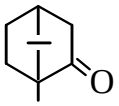
Біциклічні монотерпени

Кетони

Основа камфан



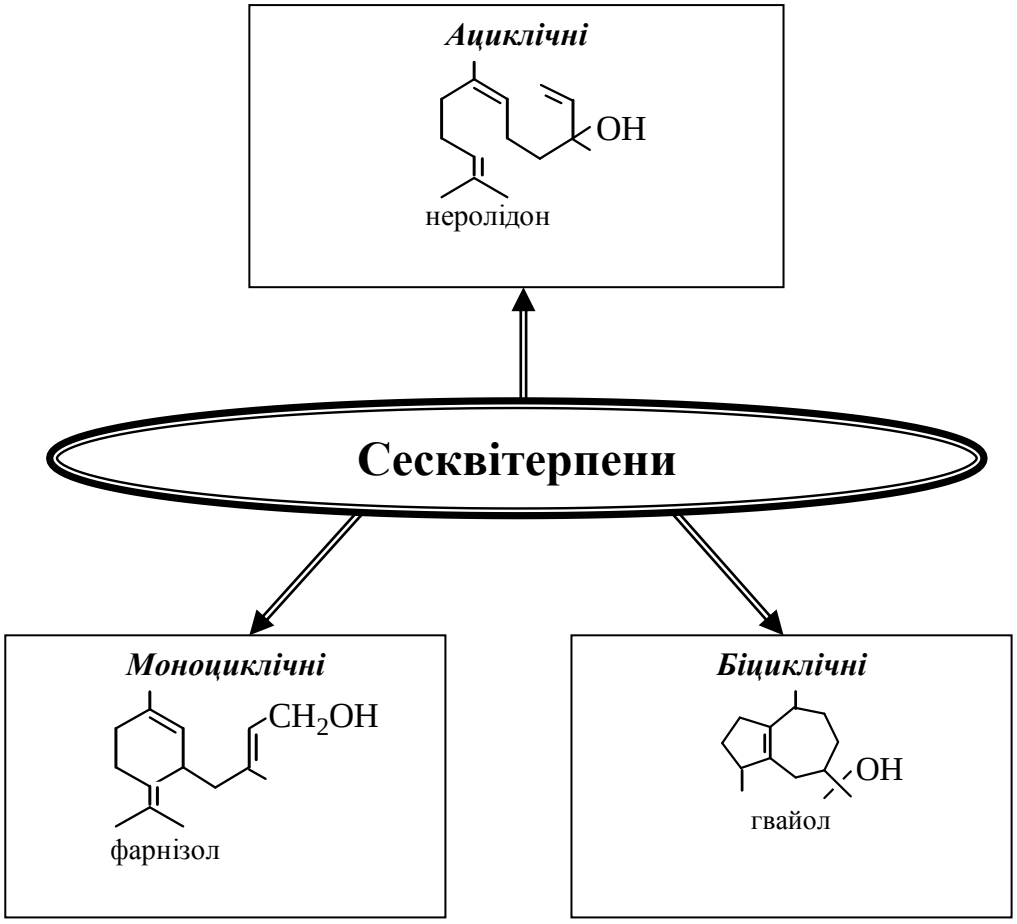
камфан

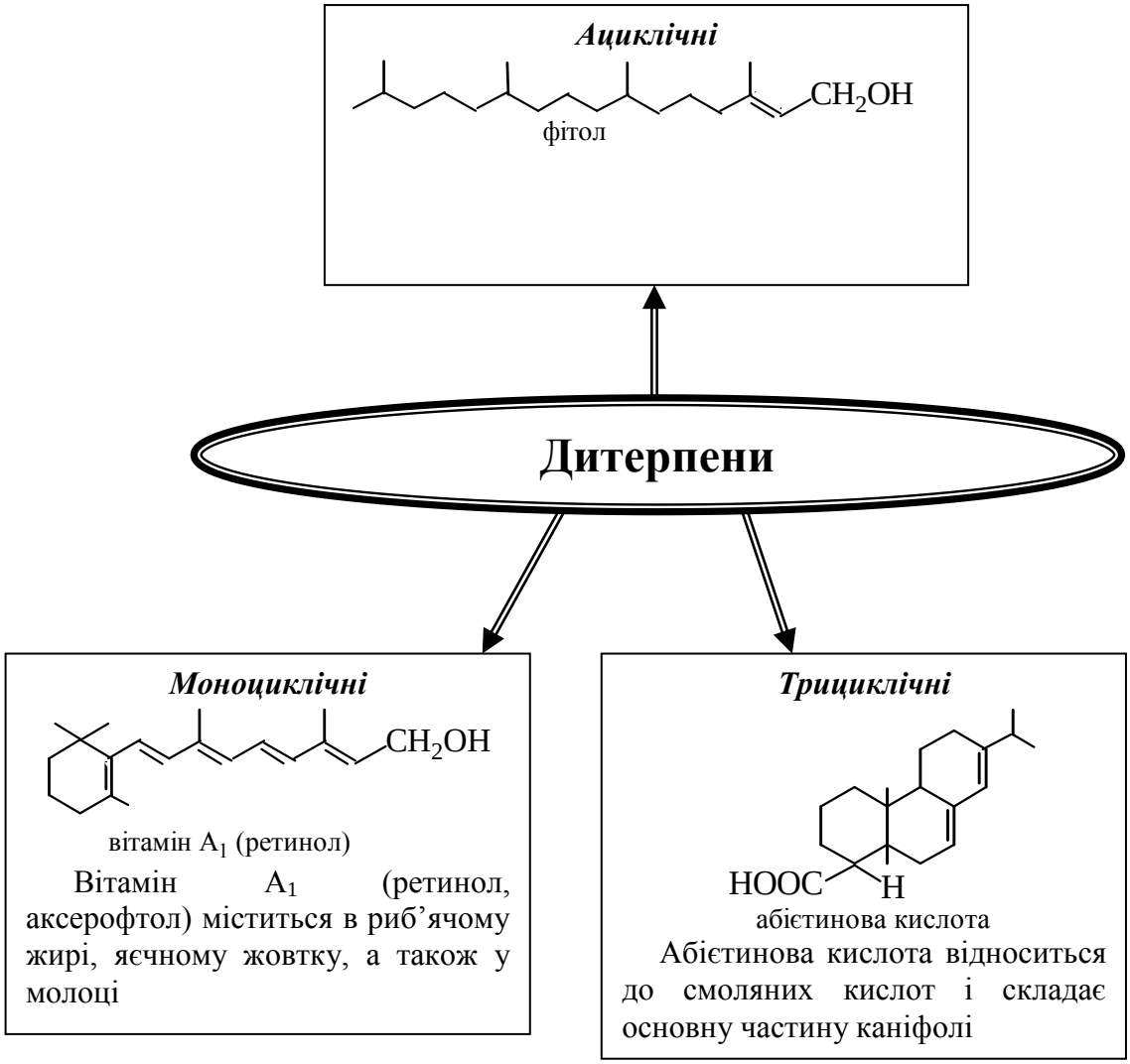


камфора

Камфора має характерний запах.

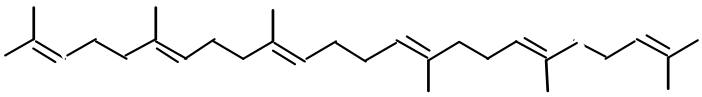
Одержують перегонкою з водяною парою деревини камфорного дерева


Ациклічні
OH
неролідон
Сесквітерпени
Моноциклічні
CH2OH
фарнізол
Біциклічні
OH
гвайол


Ациклічні
CH2OH
фітол
Дитерпени
Моноциклічні
CH2OH
вітамін A1 (ретинол)
Вітамін A1 (ретинол, аксерофтол) міститься в риб'ячому жирі, яєчному жовтку, а також у молоці
Трициклічні
HOOC
H
абієтинова кислота
Абієтинова кислота відноситься до смоляних кислот і складає основну частину каніфолі

Тритерпени

Ациклічні



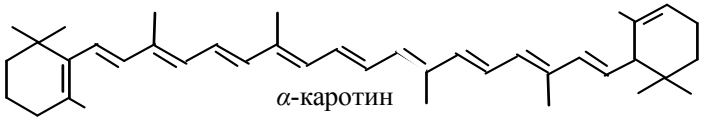
сквален

Сквален – проміжний продукт біосинтезу стероїдів

Тетратерпени

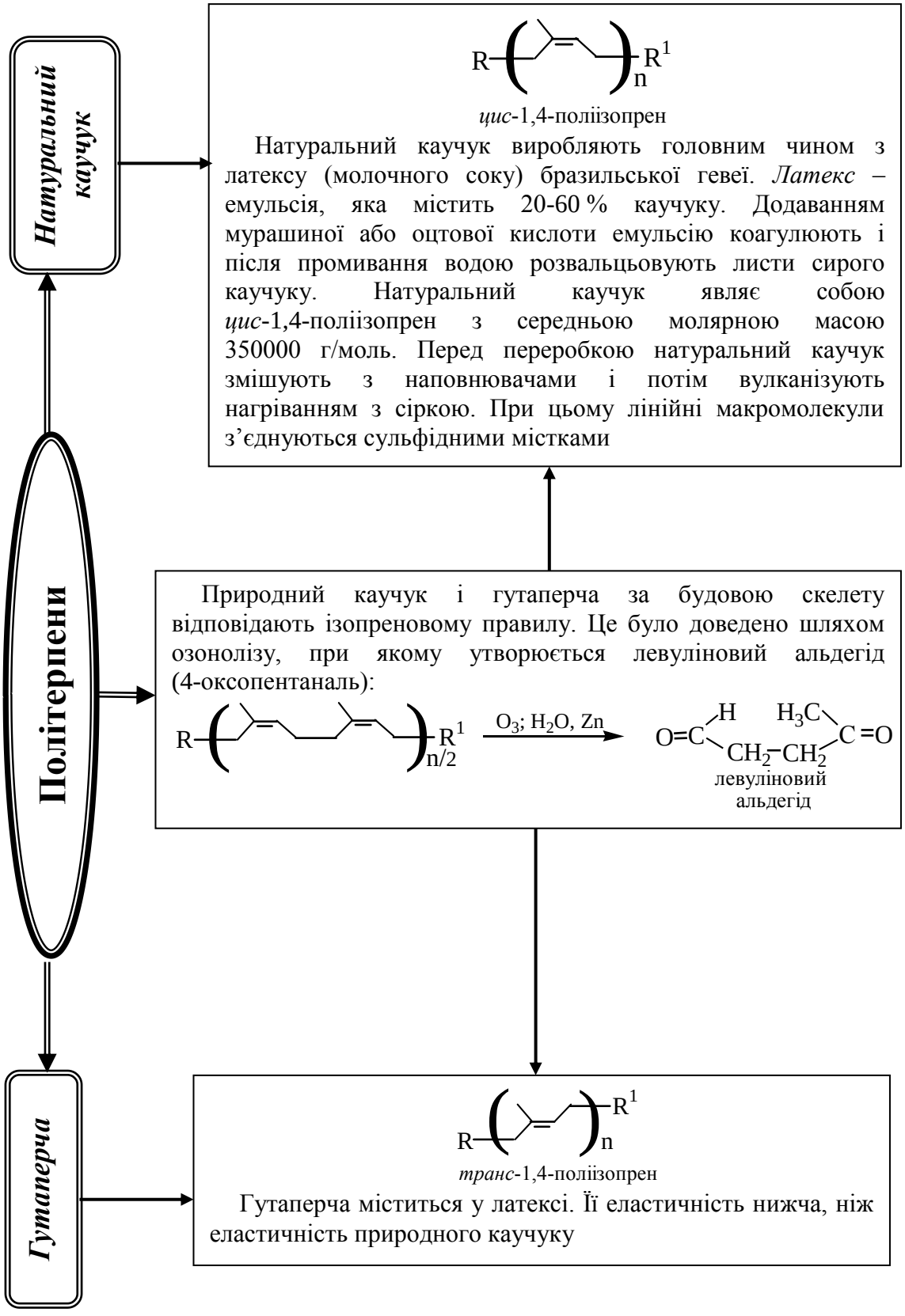
Біциклічні

Каротиноїди

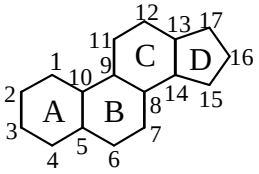


α-каротин

Каротиноїди містять 40 атомів карбону, мають велику кількість спряжених подвійних зв'язків C=C і в наслідок цього забарвлені


Натуральний каучук
Політерпени
Гутаперча
R
R1
n
цис-1,4-поліізопрен
Натуральний каучук виробляють головним чином з латексу (молочного соку) бразильської гевеї. Латекс – емульсія, яка містить 20-60 % каучуку. Додаванням мурашиної або оцтової кислоти емульсію коагулюють і після промивання водою розвальцьовують листи сирого каучуку. Натуральний каучук являє собою цис-1,4-поліізопрен з середньою молярною масою 350000 г/моль. Перед переробкою натуральний каучук змішують з наповнювачами і потім вулканізують нагріванням з сіркою. При цьому лінійні макромолекули з'єднуються сульфідними містками
Природний каучук і гутаперча за будовою скелету відповідають ізопреновому правилу. Це було доведено шляхом озонолізу, при якому утворюється левуліновий альдегід (4-оксопентаналь):
n/2
O3; H2O, Zn
O=C
H
H3C
C=O
CH2–CH2
левуліновий альдегід
транс-1,4-поліізопрен
Гутаперча міститься у латексі. Її еластичність нижча, ніж еластичність природного каучуку

Природні речовини, основа стеран



стеран

Стероїди

Стерини

Холестан – коренева назва стеринів

Жовчні кислоти

Холан – назва скелету жовчних кислот

Стероїдні гормони

Прегнан – назва скелету гормонів кори надниркових залоз

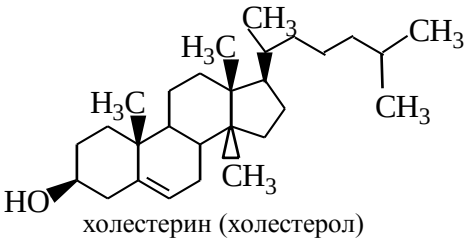
Естран – назва скелету естрогенів

Тваринні та рослинні отрути

Стероїди

Стерини

Зв’язані зі структурою холестерину:



холестерин (холестерол)

Присутній у всіх тканинах тіла

Зоостерини зустрічаються в тваринних організмах, містять 27 атомів карбону

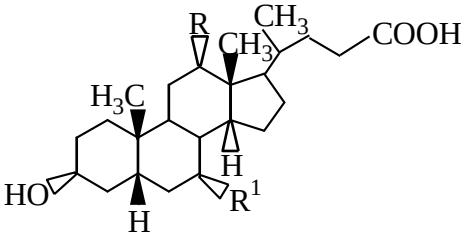
Фітостерини

Мікостерини

Стероїди

Жовчні кислоти

Гідроксильні похідні холанової кислоти:



В більшості випадків за карбоксильною групою за рахунок пептидного зв'язку до жовчних кислот приєднуються залишки гліцину або таурину

Склад кислот

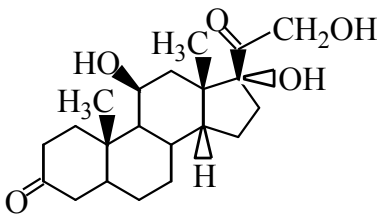
Кислота	**R**	**R^1**
Холева	OH	OH
Дезоксихолева	OH	H
Літохолева	H	H

Стероїди

Стероїдні гормони

За числом атомів карбону та за характером дії поділяють на чотири групи

Кортикоїди (гормони кори надниркових залоз) 21 атом карбону	***Андрогени*** (чоловічі статеві гормони) 19 атомів карбону	***Естрогени*** (фолікулярні гормони) 18 атомів карбону	***Гестагени*** (гормони вагітності) 21 атом карбону

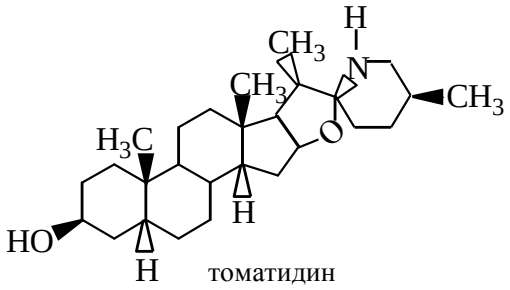


кортизол

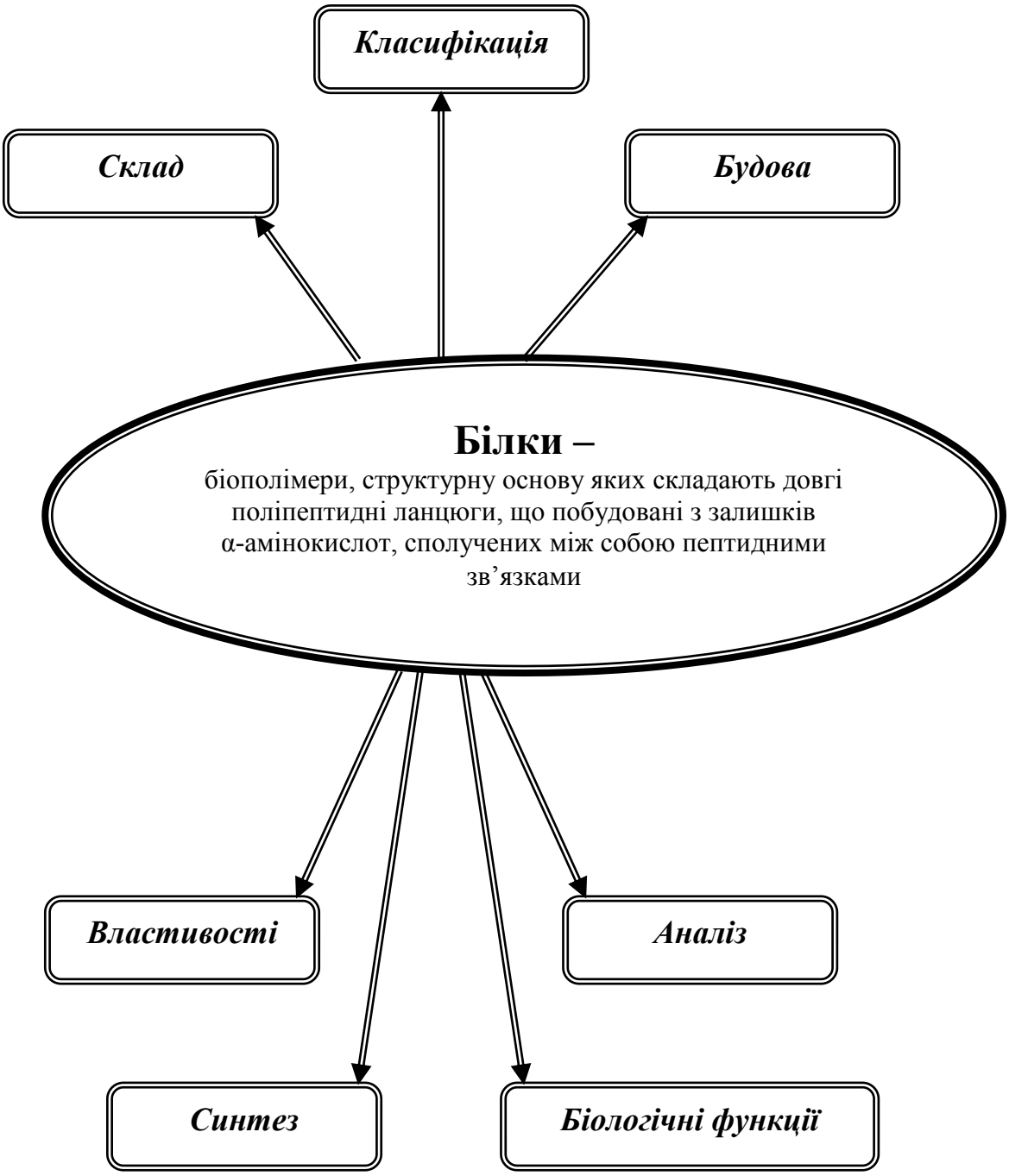
Стероїди

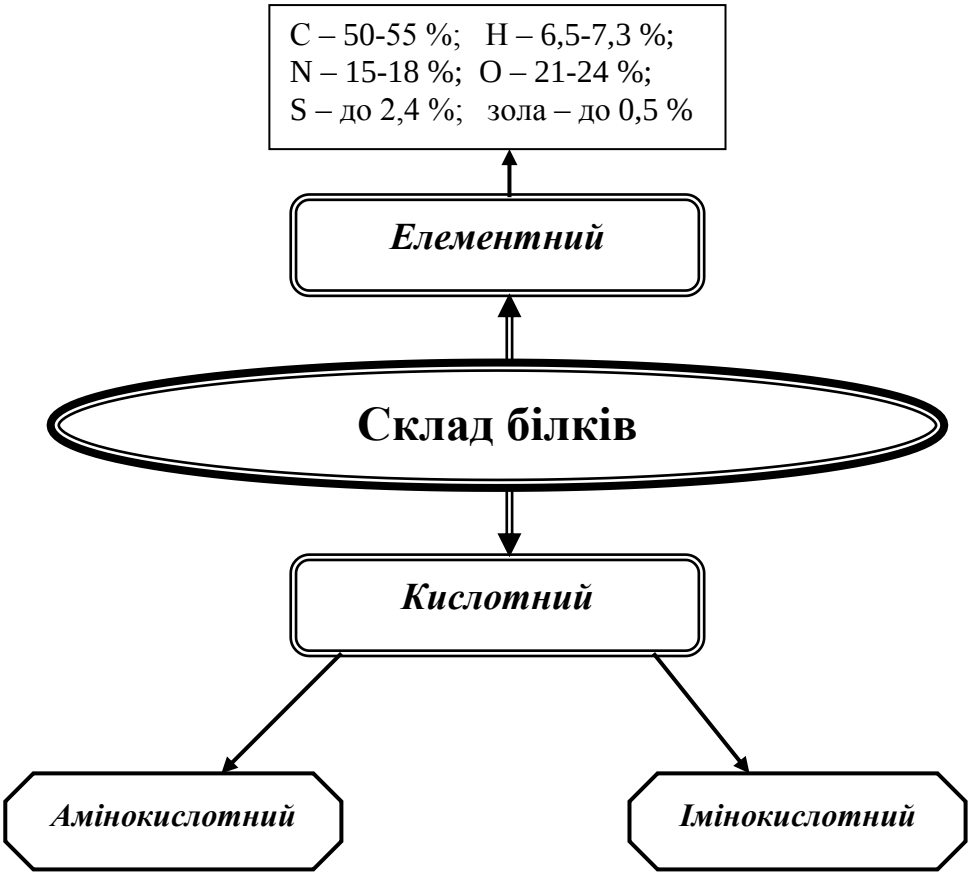
Алкалоїди стероїдного ряду

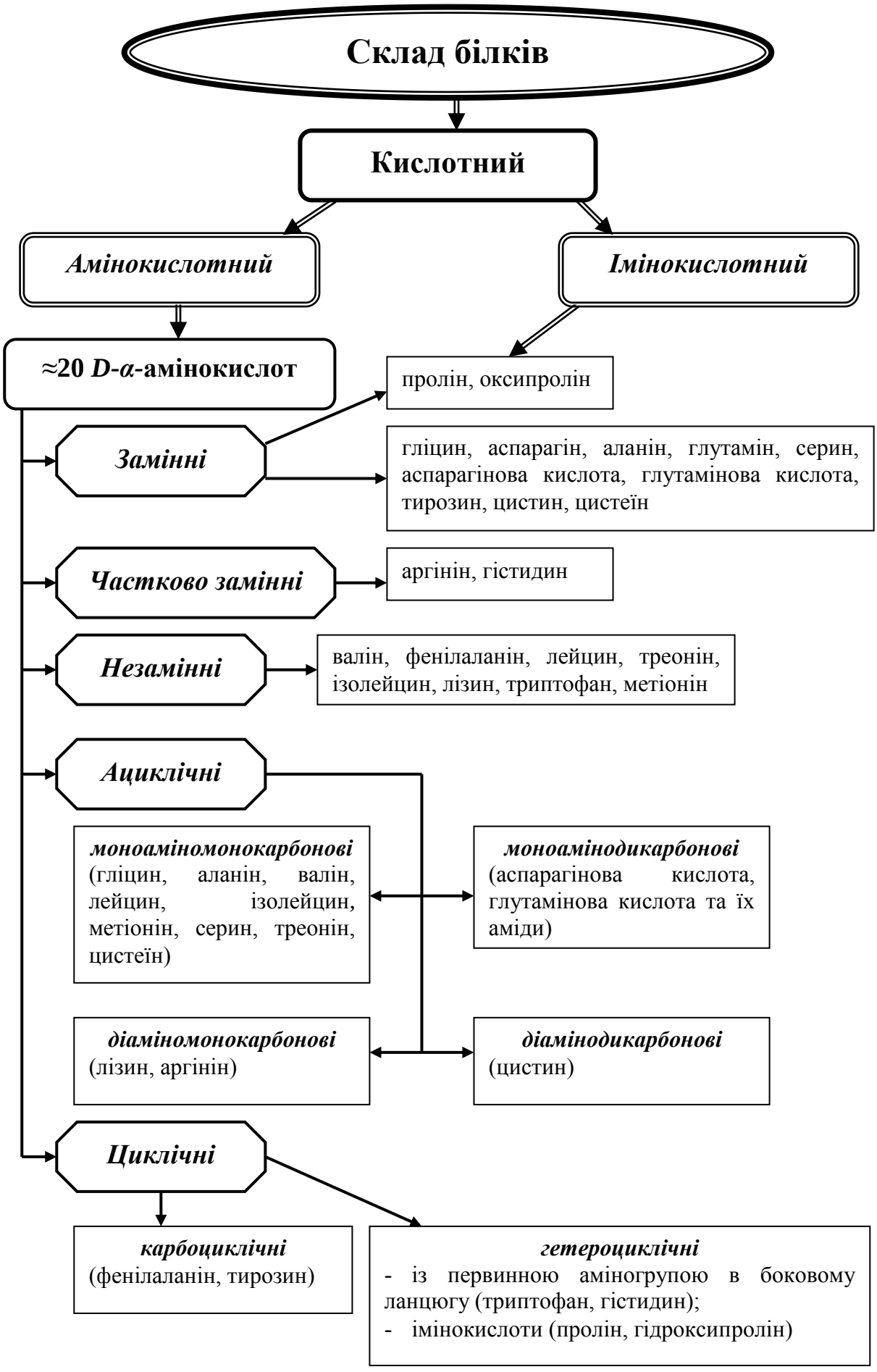
Стероїдні алкалоїди у вигляді глікозидів містяться в деяких видах пасльонових:

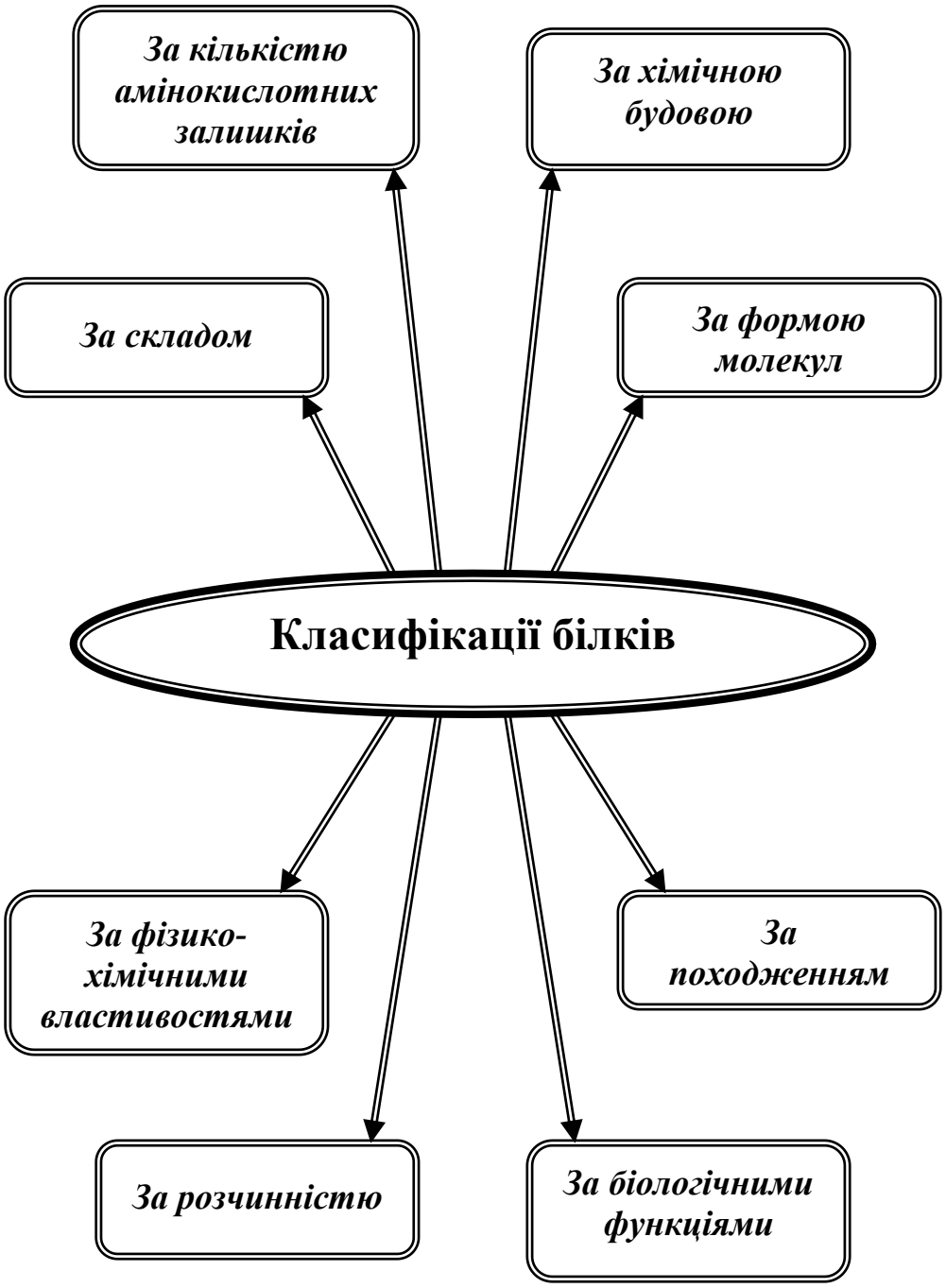


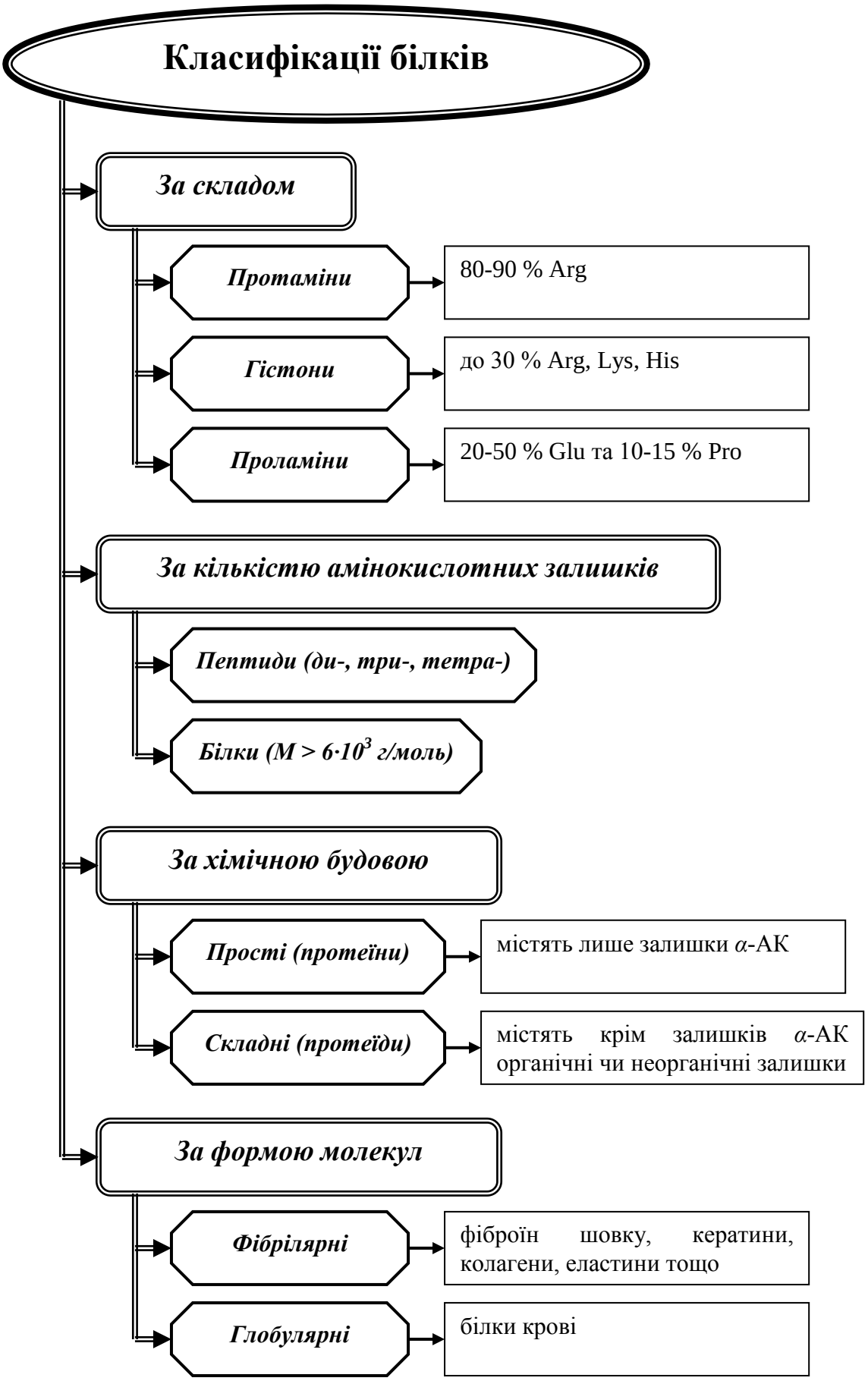
томатидин

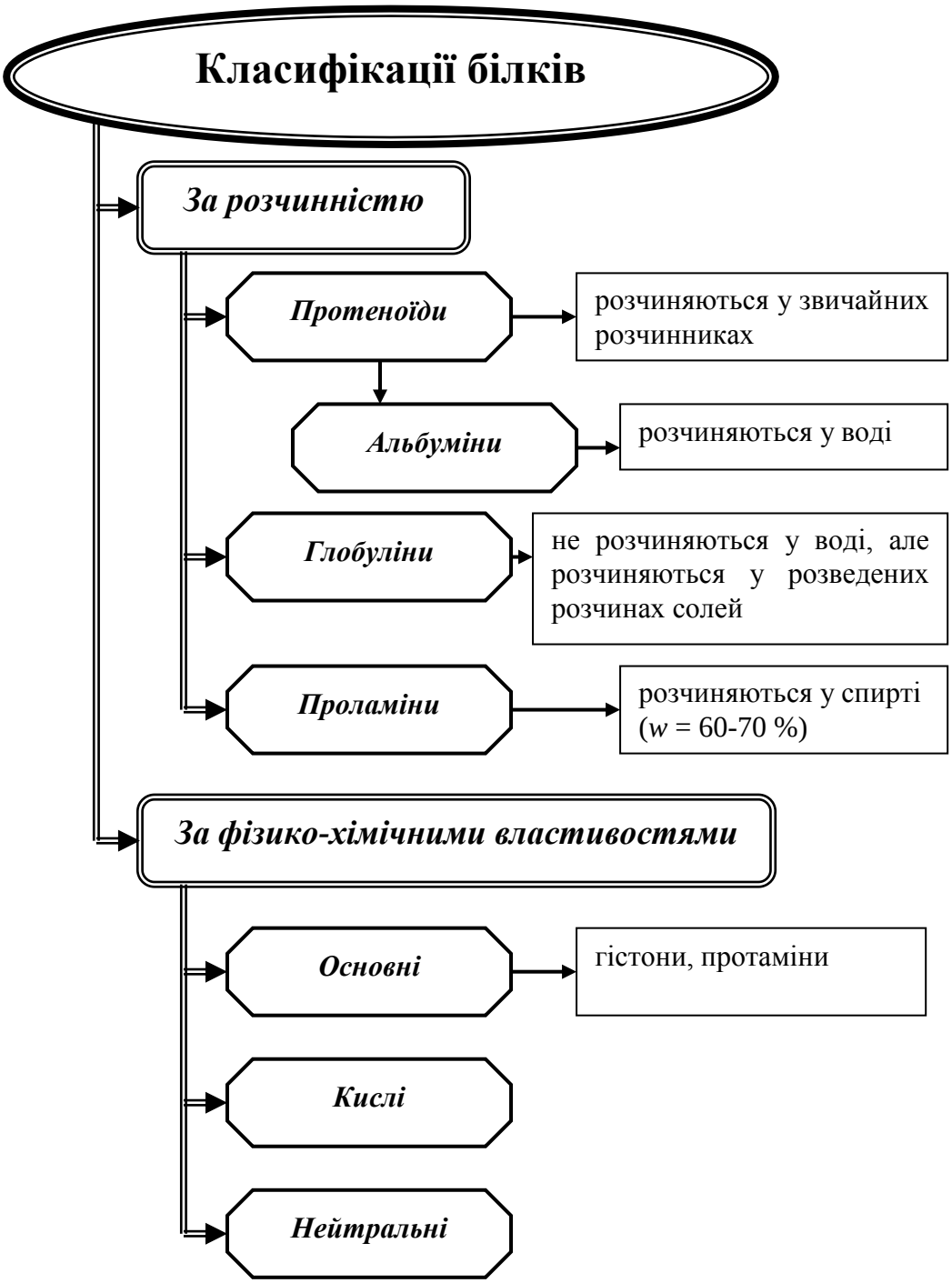

Класифікація
Склад
Будова
Білки –
біополімери, структурну основу яких складають довгі поліпептидні ланцюги, що побудовані з залишків α-амінокислот, сполучених між собою пептидними зв'язками
Властивості
Аналіз
Синтез
Біологічні функції

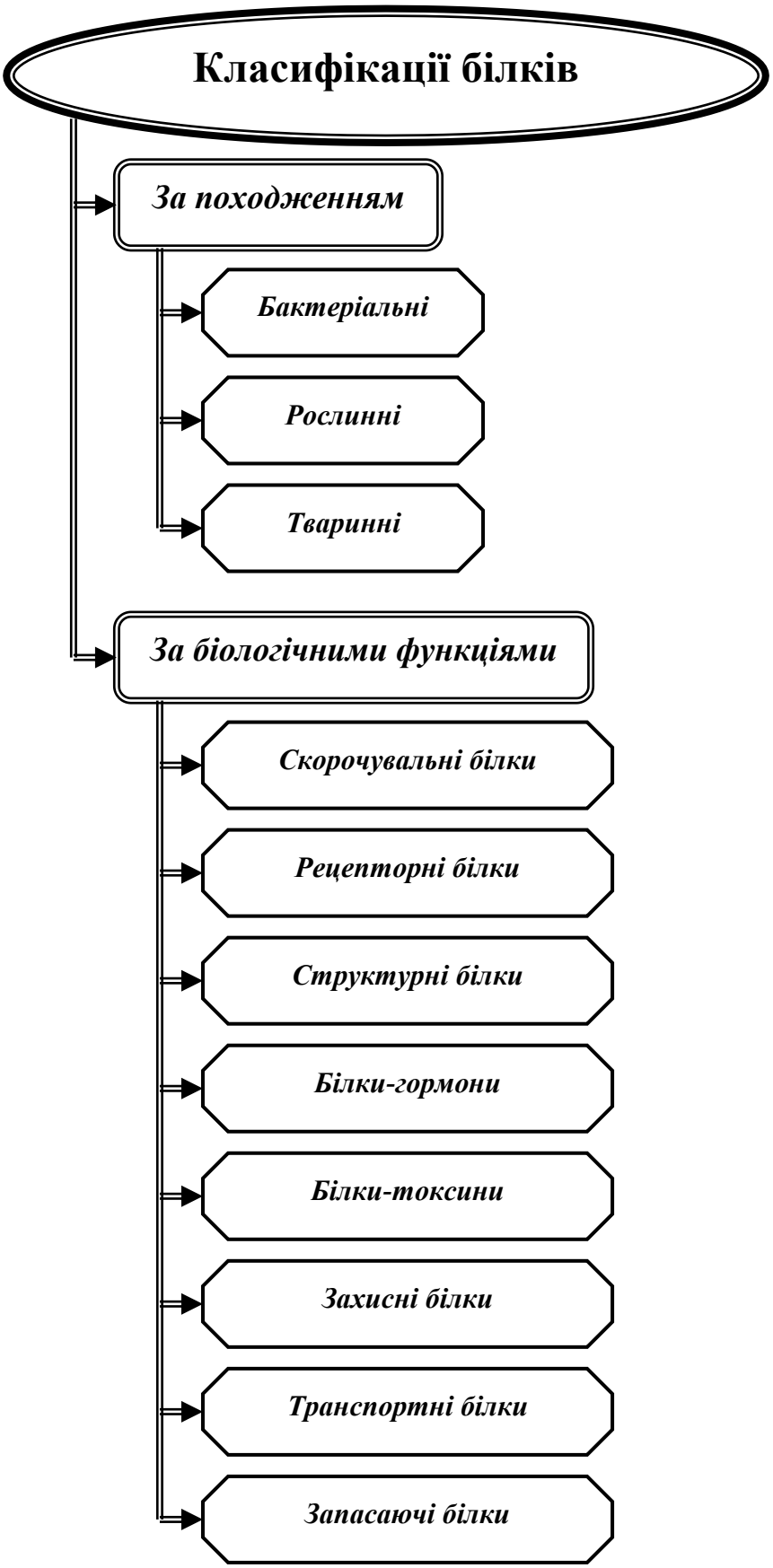

C – 50-55 %; H – 6,5-7,3 %;
N – 15-18 %; O – 21-24 %;
S – до 2,4 %; зола – до 0,5 %
Елементний
Склад білків
Кислотний
Амінокислотний
Імінокислотний

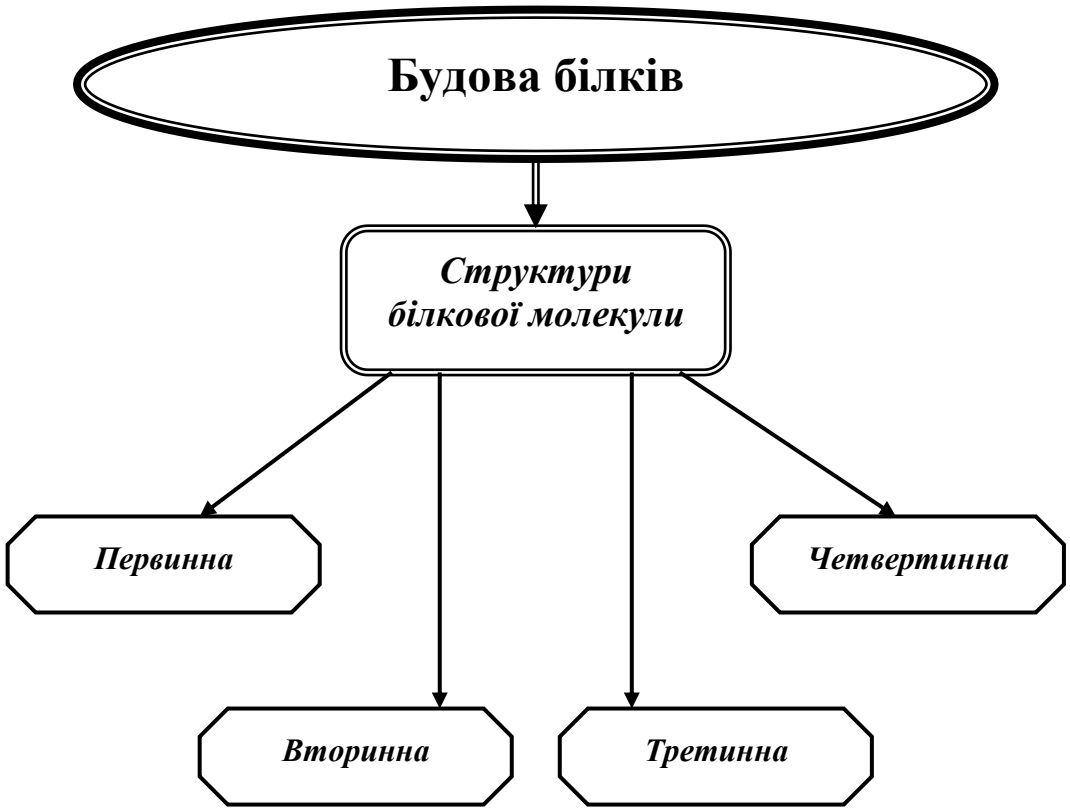

Склад білків
Кислотний
Амінокислотний
Імінокислотний
≈20 D-α-амінокислот
пролін, оксипролін
Замінні
гліцин, аспарагін, аланін, глутамін, серин, аспарагінова кислота, глутамінова кислота, тирозин, цистин, цистеїн
Частково замінні
аргінін, гістидин
Незамінні
валін, фенілаланін, лейцин, треонін, ізолейцин, лізин, триптофан, метіонін
Ациклічні
моноаміномонокарбонові (гліцин, аланін, валін, лейцин, ізолейцин, метіонін, серин, треонін, цистеїн)
моноамінодикарбонові (аспарагінова кислота, глутамінова кислота та їх аміди)
діаміномонокарбонові (лізин, аргінін)
діамінодикарбонові (цистин)
Циклічні
карбоциклічні (фенілаланін, тирозин)
гетероциклічні
- із первинною аміногрупою в боковому ланцюгу (триптофан, гістидин);
- імінокислоти (пролін, гідроксипролін)

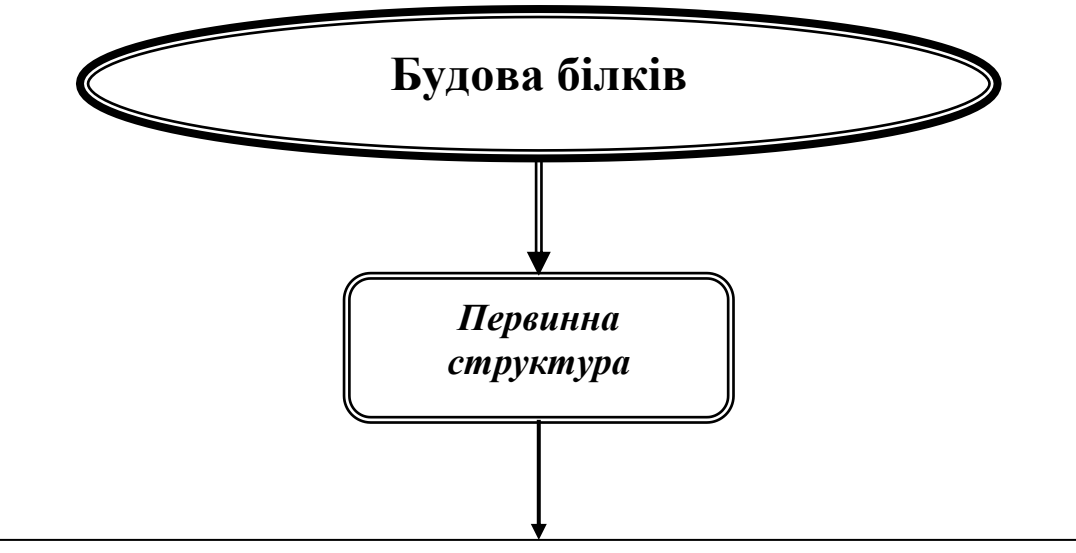

Класифікації білків
За кількістю амінокислотних залишків
За хімічною будовою
За складом
За формою молекул
За фізико-хімічними властивостями
За походженням
За розчинністю
За біологічними функціями


Класифікації білків
За складом
Протаміни
80-90 % Arg
Гістони
до 30 % Arg, Lys, His
Проламіни
20-50 % Glu та 10-15 % Pro
За кількістю амінокислотних залишків
Пептиди (ди-, три-, тетра-)
Білки (M > 6·10^3 г/моль)
За хімічною будовою
Прості (протеїни)
містять лише залишки α-АК
Складні (протеїди)
містять крім залишків α-АК органічні чи неорганічні залишки
За формою молекул
Фібрілярні
фіброїн шовку, кератини, колагени, еластини тощо
Глобулярні
білки крові


Класифікації білків
За розчинністю
Протеноїди
розчиняються у звичайних розчинниках
Альбуміни
розчиняються у воді
Глобуліни
не розчиняються у воді, але розчиняються у розведених розчинах солей
Проламіни
розчиняються у спирті (w = 60-70 %)
За фізико-хімічними властивостями
Основні
гістони, протаміни
Кислі
Нейтральні


Класифікації білків
За походженням
Бактеріальні
Рослинні
Тваринні
За біологічними функціями
Скорочувальні білки
Рецепторні білки
Структурні білки
Білки-гормони
Білки-токсини
Захисні білки
Транспортні білки
Запасаючі білки





Первинна структура білків – це послідовність амінокислотних залишків у поліпептидному ланцюгу, яка встановлюється за допомогою хімічних методів аналізу:

$$H_3\overset{+}{N}\underset{R}{CHCO}(NH\underset{R}{CHCO})_n NH\underset{R}{CHCOO}^-$$

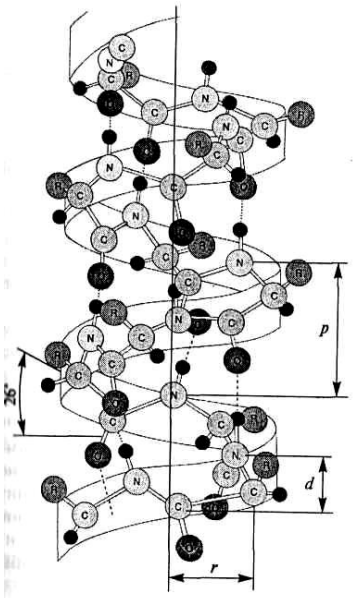
поліпептид

Будова білків

Вторинна структура

***α*-Форма**

Поліамідний ланцюг закручений у спіраль, в якій розташовані поруч гілки з'єднуються за рахунок водневих зв'язків між атомами сусідніх амідних груп. Спіраль має праве обертання, при цьому об'ємні бокові ланцюги *L*-амінокислот направлені до центру спіралі.

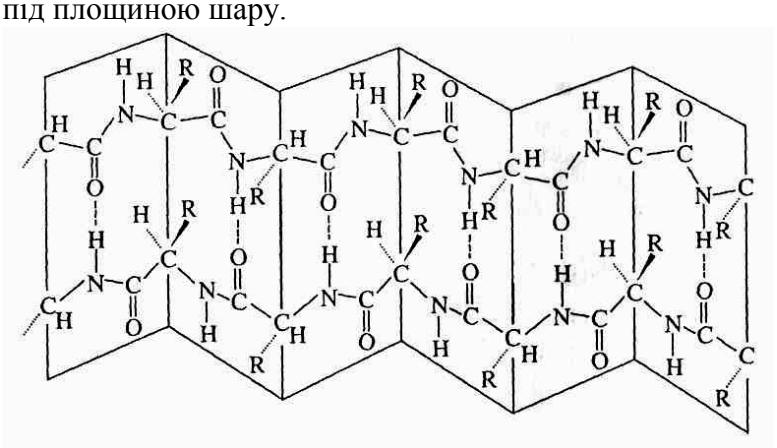


Будова α-спіралі поліпептиду за Л. Полінгом

Це розташування у просторі поліпептидного ланцюга у формі *α*-спіралі або *β*-структури

***β*-Форма**

Поліамідні ланцюги розташовані поруч у антипаралельному положенні, утворюючи шар поліпептидних ланцюгів, які зв'язані між собою водневими зв'язками. При такій будові ланцюги поліпептидних молекул знаходяться поперемінно над та під площиною шару.



Конформація β-складчатого шару поліпептиду

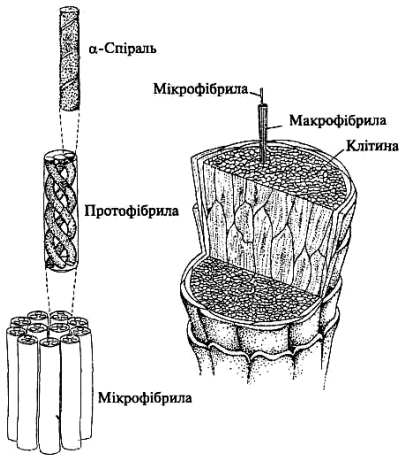
Будова білків

Третинна структура

Третинна структура – це спосіб укладання в тривимірному просторі поліпептидного ланцюга з певною вторинною структурою. Третинна структура білків обумовлена взаємодією бокових ланцюгів амінокислот. Крім водневих зв'язків важливим фактором стабілізації третинної структури є утворення дисульфідних зв'язків. Третинна структура часто надає молекулі білка таку конформацію, при якій гідрофільні групи (-OH, -NH_2, -COOH) розташовані на поверхні молекули, а гідрофобні групи (-Alk, -Ar) знаходяться всередині і направлені до центра молекули

Фібрилярні білки

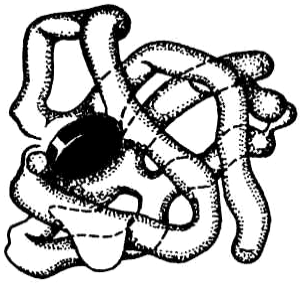
Молекули фібрилярних білків витягнуті у довжину, ниткоподібні і здатні групуватися одна біля одної з утворенням волокон, в деяких випадках вони утворюють багаточисельні водневі зв'язки. Внаслідок цього міжмолекулярні сили, які повинен розірвати розчинник, дуже міцні.



Фібрилярна структура α-кератину

Глобулярні білки

Молекули глобулярних білків складені у компактні глобули, які часто по формі наближаються до кулі. Водневі зв'язки в цьому випадку являються внутришньомолекулярними. В цьому випадку міжмолекулярні зв'язки відносно слабкі.

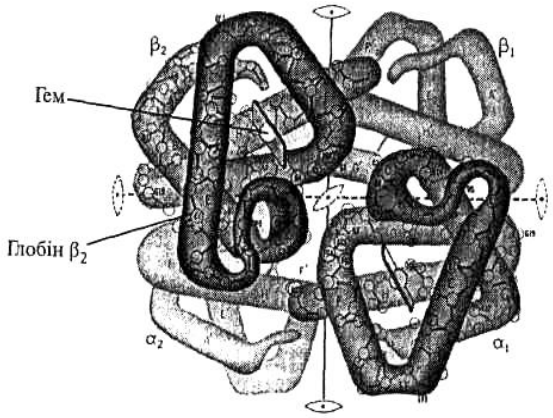


Третинна структура міоглобіну за Дж. Кендрю

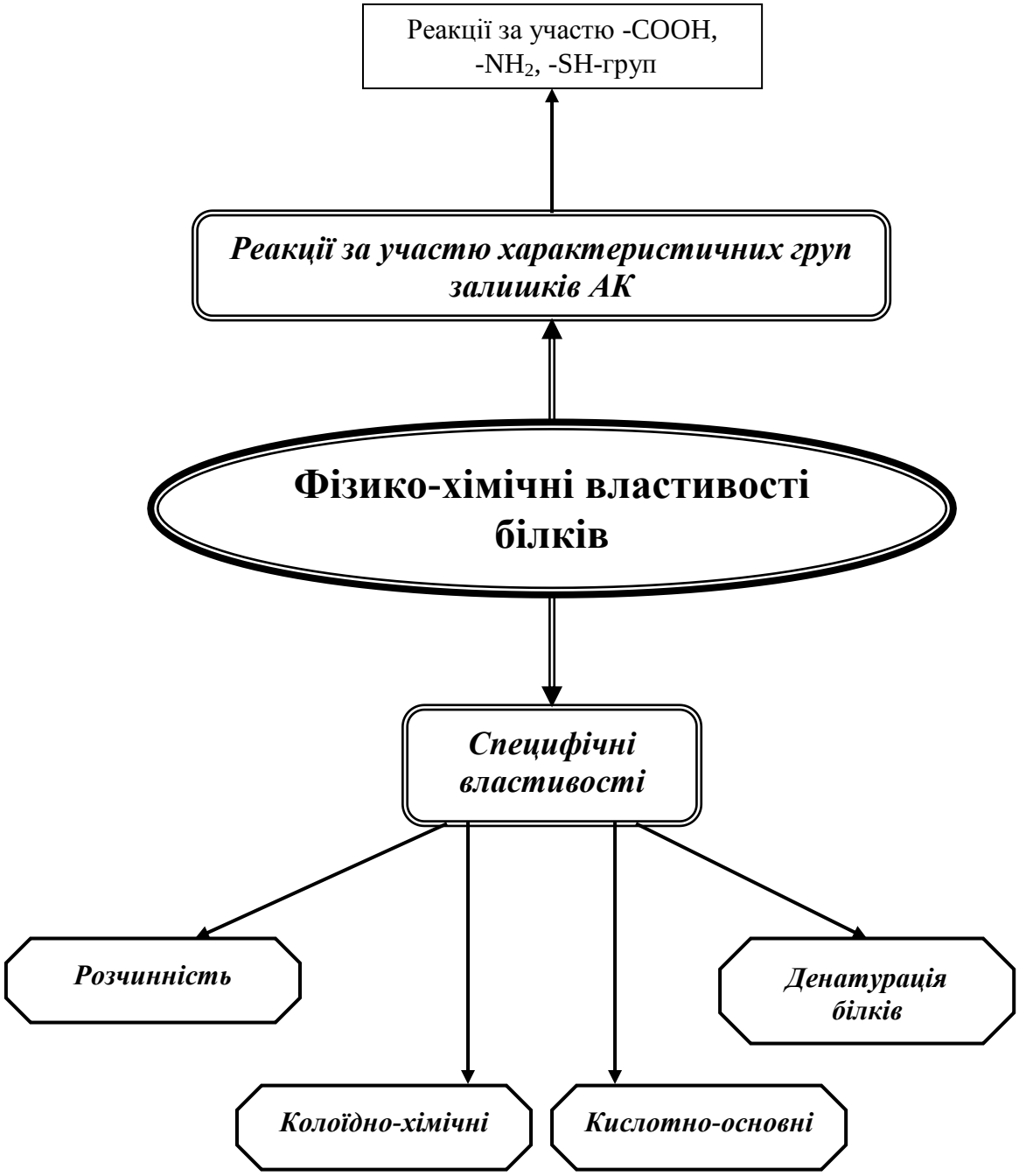
Будова білків

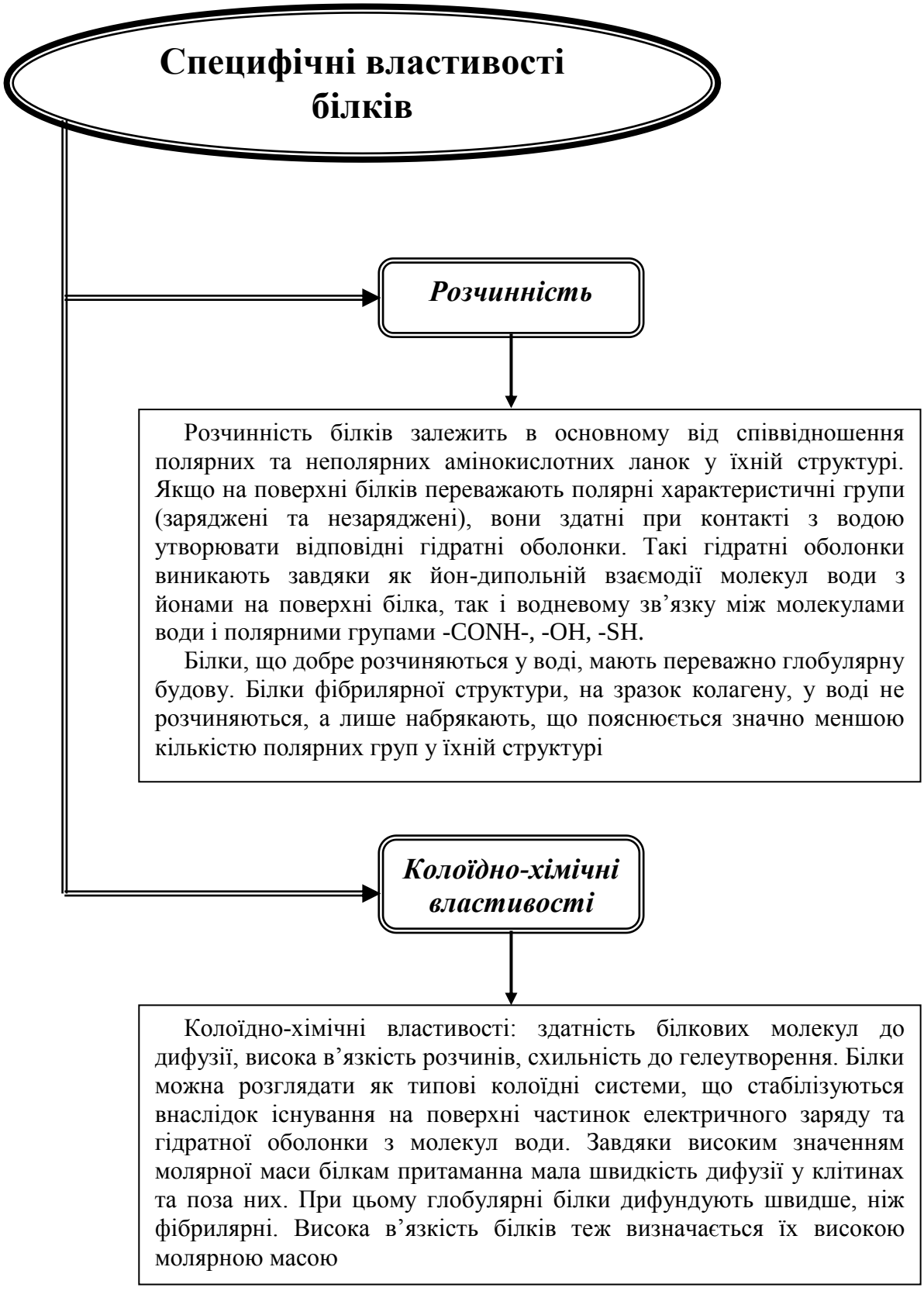
Четвертинна структура

Асоціація ланцюгів в четвертинну структуру обумовлена міжмолекулярною взаємодією між боковими групами (йонні та водневі зв'язки, гідрофобна взаємодія відповідних контактуючих поверхонь глобул третинної структури).



Будова гемоглобіну


Реакції за участю -COOH, -NH2, -SH-груп
Реакції за участю характеристичних груп залишків АК
Фізико-хімічні властивості білків
Специфічні властивості
Розчинність
Колоїдно-хімічні
Кислотно-основні
Денатурація білків

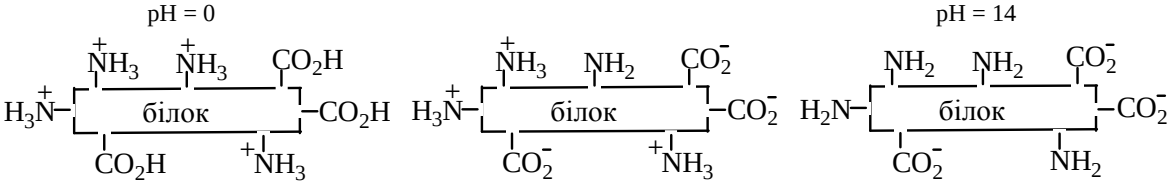

Специфічні властивості білків
Розчинність
Розчинність білків залежить в основному від співвідношення полярних та неполярних амінокислотних ланок у їхній структурі. Якщо на поверхні білків переважають полярні характеристичні групи (заряджені та незаряджені), вони здатні при контакті з водою утворювати відповідні гідратні оболонки. Такі гідратні оболонки виникають завдяки як йон-дипольній взаємодії молекул води з йонами на поверхні білка, так і водневому зв'язку між молекулами води і полярними групами -CONH-, -OH, -SH.
Білки, що добре розчиняються у воді, мають переважно глобулярну будову. Білки фібрилярної структури, на зразок колагену, у воді не розчиняються, а лише набрякають, що пояснюється значно меншою кількістю полярних груп у їхній структурі
Колоїдно-хімічні властивості
Колоїдно-хімічні властивості: здатність білкових молекул до дифузії, висока в'язкість розчинів, схильність до гелеутворення. Білки можна розглядати як типові колоїдні системи, що стабілізуються внаслідок існування на поверхні частинок електричного заряду та гідратної оболонки з молекул води. Завдяки високим значенням молярної маси білкам притаманна мала швидкість дифузії у клітинах та поза них. При цьому глобулярні білки дифундують швидше, ніж фібрилярні. Висока в'язкість білків теж визначається їх високою молярною масою

Специфічні властивості білків

Кислотно-основні властивості

Кислотно-основні властивості визначаються згідно з розташуванням на поверхні білкових молекул аніоногенних (-COOH і меншою мірою -OH, -SH) та катіоногенних (-NH_2, гуанідинових та імідазолільних фрагментів) груп. Унаслідок цього білки є амфотерними електролітами, заряд яких залежить від значень pH середовища та амінокислотного складу. При низьких значеннях pH молекула білка має позитивний заряд, при високому – негативний заряд. При деякому проміжному значенні pH загальний або середній заряд молекули буде дорівнювати нулю, і це значення pH називається *ізоелектричним станом*.

Ізоелектричний стан



підсумковий заряд	+4	0	-3

Властивості білкових молекул значно змінюються при переході через ізоелектричний стан. Залежність підсумкового заряду на поліпептиді або білку від зміни pH середовища використовують для розділення цих молекул за допомогою електрофорезу

Специфічні властивості білків

Денатурація білків

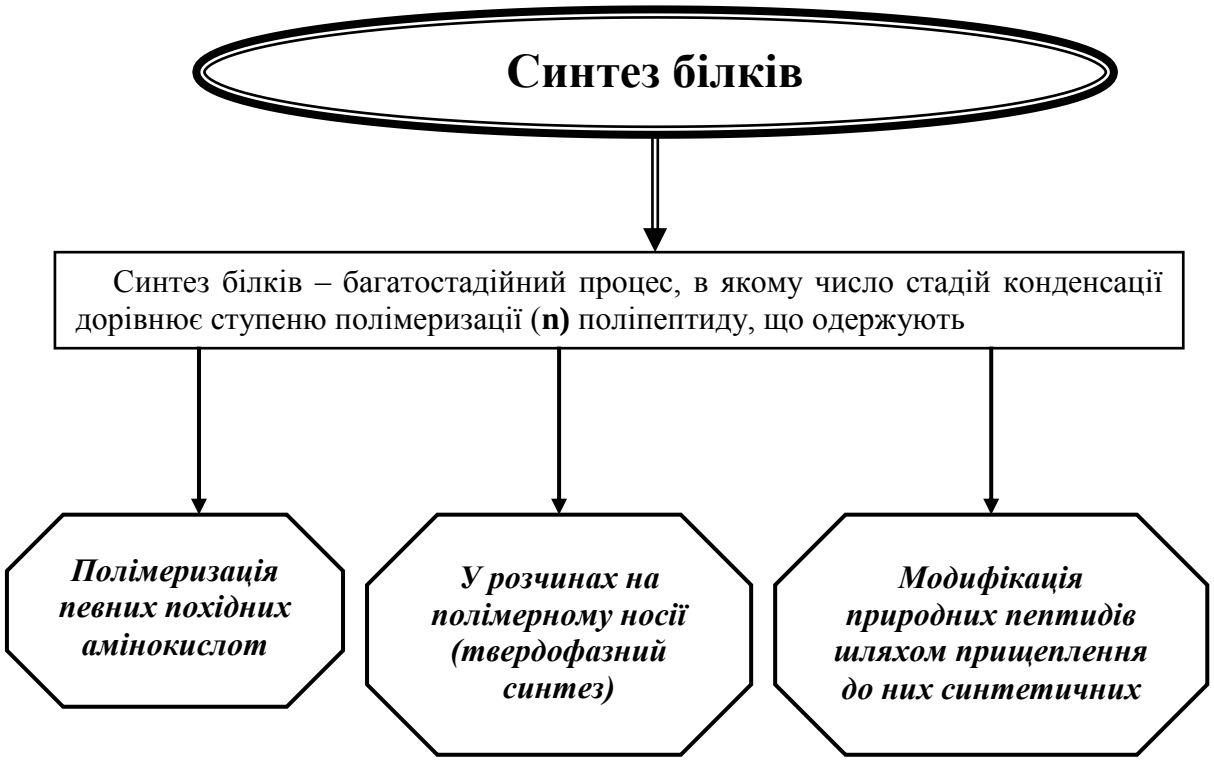
Під *денатурацією* білків розуміють втрату білковою молекулою своєї нативної впорядкованої будови за винятком первинної структури, а також своїх фізико-хімічних і біологічних властивостей внаслідок руйнування нековалентних зв'язків, які стабілізують будову

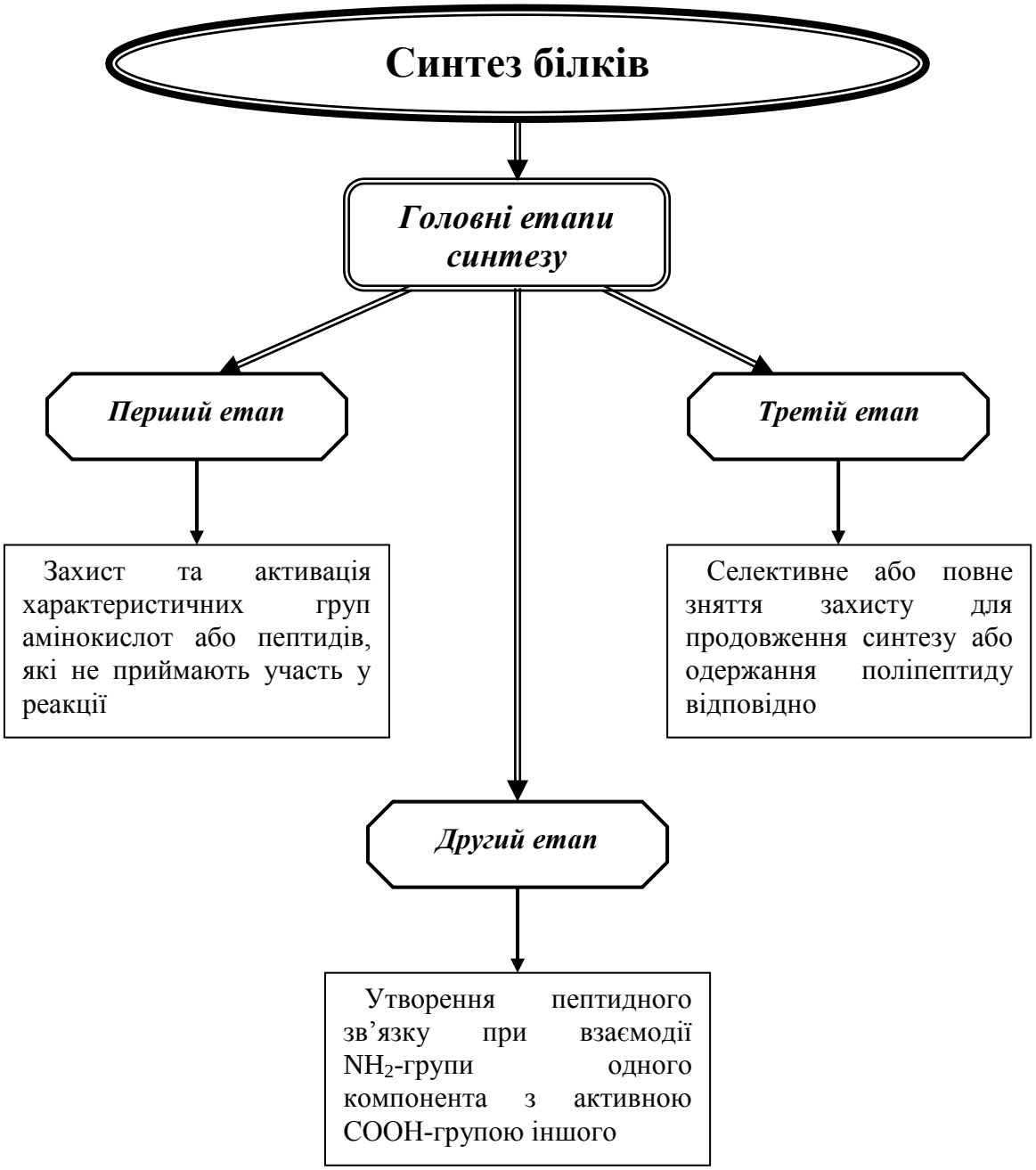
Фактори денатурації

Найчастіше білки денатурують під впливом температури (50-60 °С), pH середовища (кислот або лугів), хімічних реагентів (розчин сечовини С = 8 моль/дм^3, гуанідіну С = 6 моль/дм^3), різноманітних за хімічною природою ПАР, розчинників (ацетон, етанол), алкалоїдів, солей деяких *d*-металів (меркурію. купруму та ін.), ультразвуку, йонизуючого випромінювання та ін. При цьому зменшується розчинність білків у воді, змінюється їхня форма, збільшується в'язкість. Вважають, найкраще денатурувати білки можуть у сильнокислому середовищі при pH < 2 або у сильнолужному при pH > 10-11

Але у разі нетривалої дії денатурувальних чинників можливе відновлення нативної будови білка з одночасним відновленням його біологічної активності. Такий процес називається *ренатурацією*

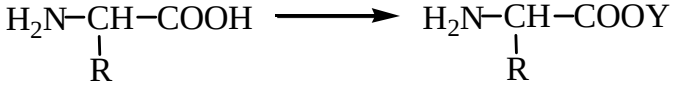
Денатурація білків має важливе значення для переробки продуктів харчування, сушіння овочів і фруктів, консервування, виробництва предметів одягу та взуття тощо


Синтез білків
Синтез білків – багатостадійний процес, в якому число стадій конденсації дорівнює ступеню полімеризації (n) поліпептиду, що одержують
Полімеризація певних похідних амінокислот
У розчинах на полімерному носії (твердофазний синтез)
Модифікація природних пептидів шляхом прищеплення до них синтетичних

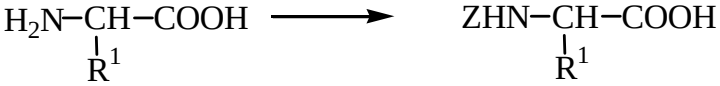

Синтез білків
Головні етапи синтезу
Перший етап
Третій етап
Захист та активація характеристичних груп амінокислот або пептидів, які не приймають участь у реакції
Селективне або повне зняття захисту для продовження синтезу або одержання поліпептиду відповідно
Другий етап
Утворення пептидного зв'язку при взаємодії NH_2-групи одного компонента з активною COOH-групою іншого

Синтез білків

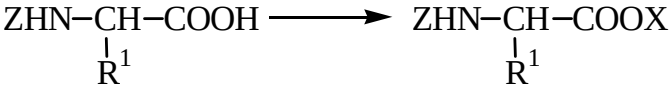
1. Захист карбоксильної групи:



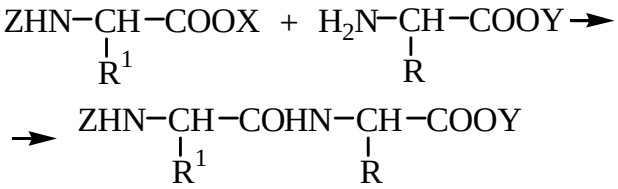
2. Або захист аміногрупи:



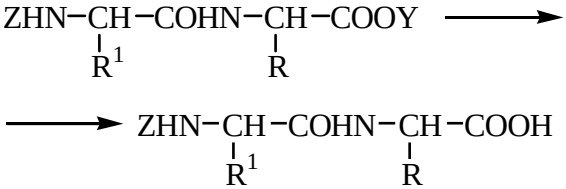
3. Активація карбоксильної (або аміногрупи):



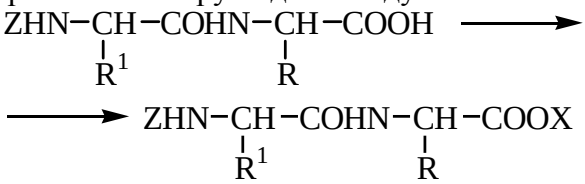
4. Конденсація:



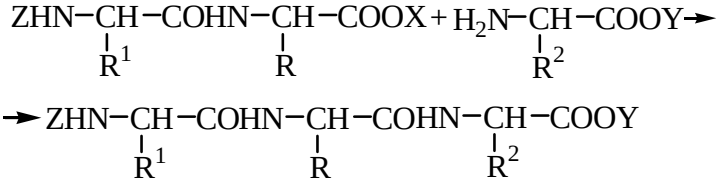
5. Зняття захисної групи з карбоксильної групи дипептиду:



6. Активація карбоксильної групи дипептиду:



7. Конденсація з відповідним похідним наступної амінокислоти:

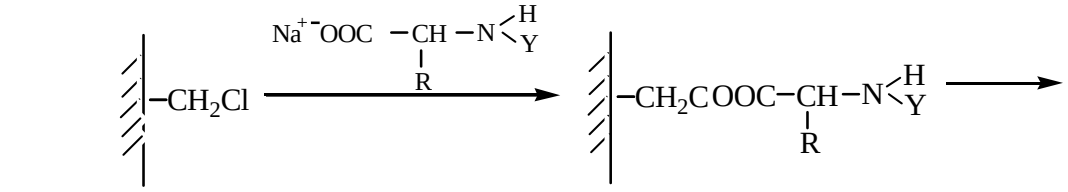


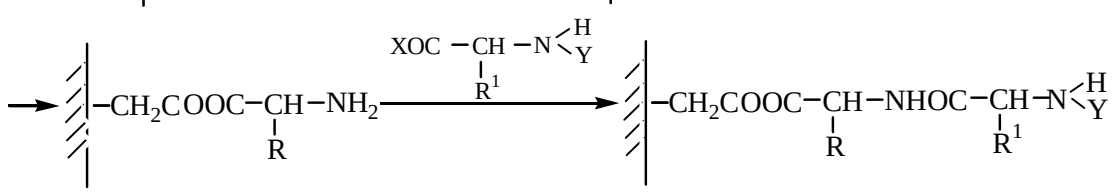
8. Після закінчення синтезу пептидного ланцюга захисні групи видаляються як з С-, та і з N-кінця

Синтез білків

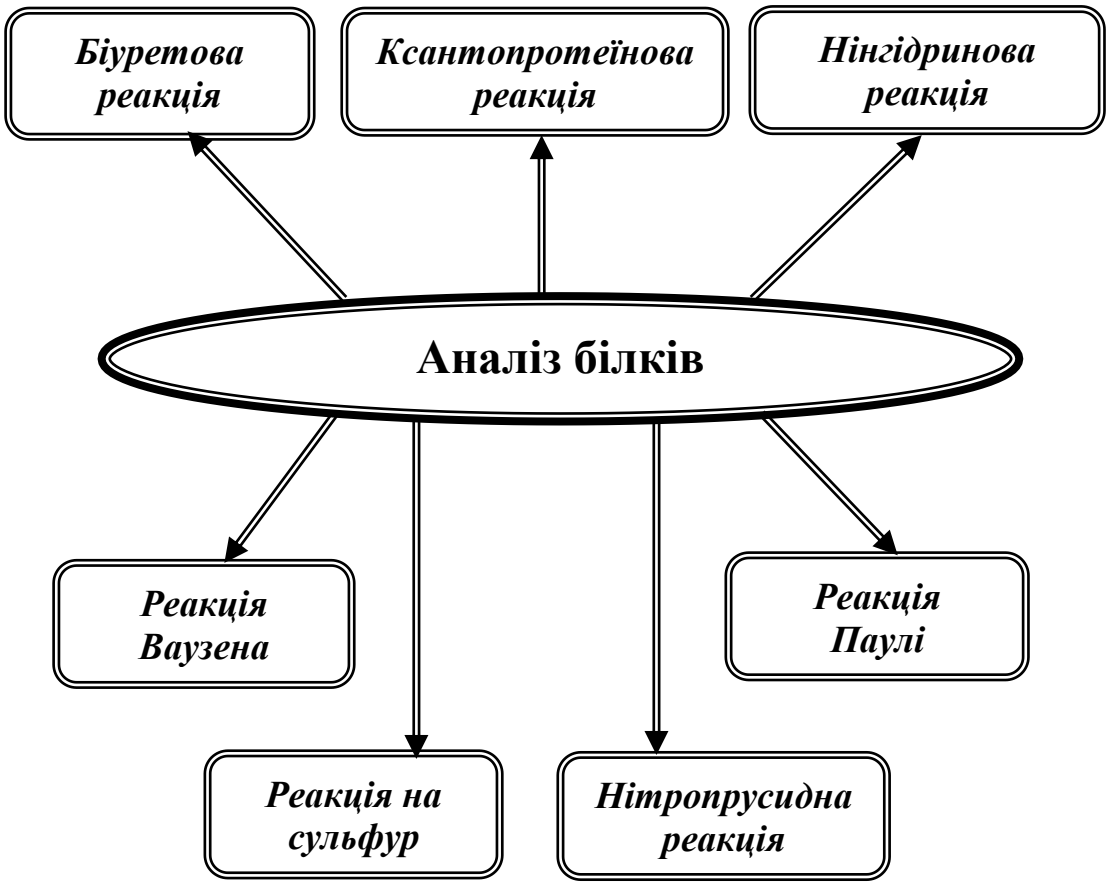
Твердофазний синтез

Збільшення пептидного ланцюга відбувається на поверхні твердого полімерного носія. Полімер, містить активні групи (CH_2Cl, CH_2OH) і N-захіщена амінокислота прив'язується естерним зв'язком:





Після нарощування ланцюга достатньої довжини поліпептид відщеплюється від носія дією суміші $HBr+CF_3COOH$ (цей прийом може бути автоматизований)


Біуретова реакція
Ксантопротеїнова реакція
Нінгідринова реакція
Аналіз білків
Реакція Ваузена
Реакція Паулі
Реакція на сульфур
Нітропрусидна реакція

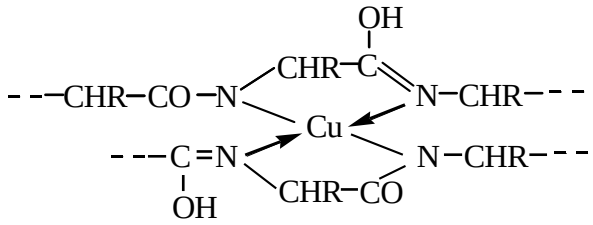
Аналіз білків

Біуретова реакція

Наявність в білках пептидних зв'язків

Реагент: $NaOH$, $CuSO_4$.

Білок + $NaOH$, $CuSO_4$ →



дипептид – синє забарвлення
трипептид – фіолетове забарвлення
тетрапептид і більш складні – червоне забарвлення

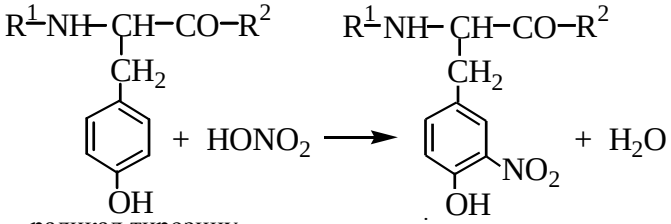
Ксантопротеїнова реакція

Наявність в білках ароматичних систем

Нітрування ароматичних амінокислот.

Реагент: HNO_3.

Умови: нагрівання.



радикал тирозину — нітросполука, оранжеве забарвлення

Реакція на сульфур

Реагент: $NaOH$, $Pb(CH_3COOH)_2$.

Білок + $NaOH$, $Pb(CH_3COOH)_2$ → $PbS\downarrow$

Осад чорного або коричневого кольору

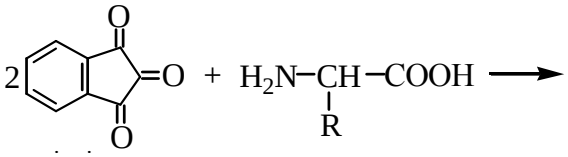
Аналіз білків

Нінгідринова реакція

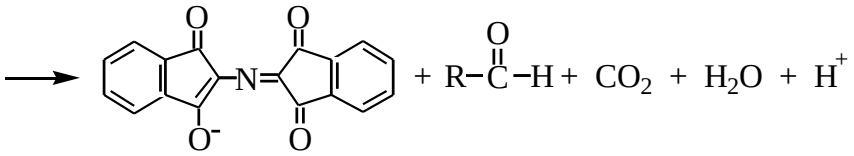
Наявність в білках α-амінокислот

Реагент: нінгідрин.

Умови: нагрівання.



нінгідрин



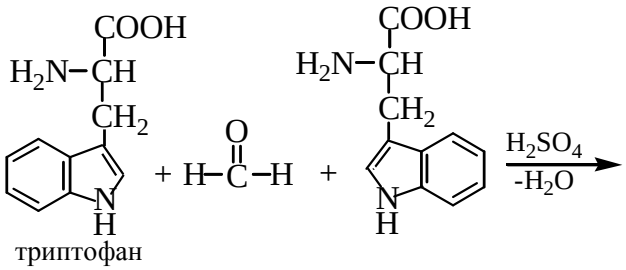
синє-фіолетовий Руемана

Реакція Ваузена

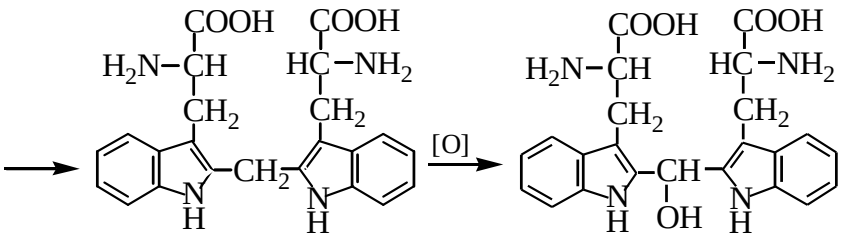
Виявлення триптофану

Реагент: формальдегід, H_2SO_4, $NaNO_2$.

Умови: нагрівання.



триптофан



біс-2-триптофанілметан

біс-2-триптофанілкарбінол

синє-фіолетове забарвлення

Аналіз білків

Нітропрусидна реакція

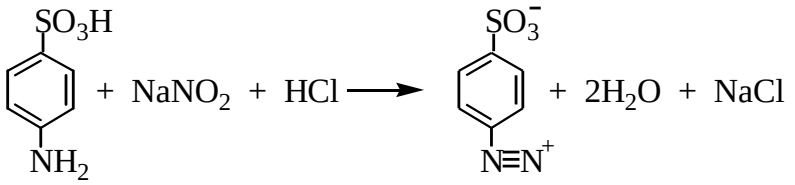
Реагент: натрій нітропрусид, $(NH_4)_2SO_4$, NH_3.

$Na_2[Fe(CN)_5NO]$ + $HS-CH_2-\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{CH}}-COOH$ ⟶ кольорові продукти реакції пурпурного забарвлення

Реакція Паулі

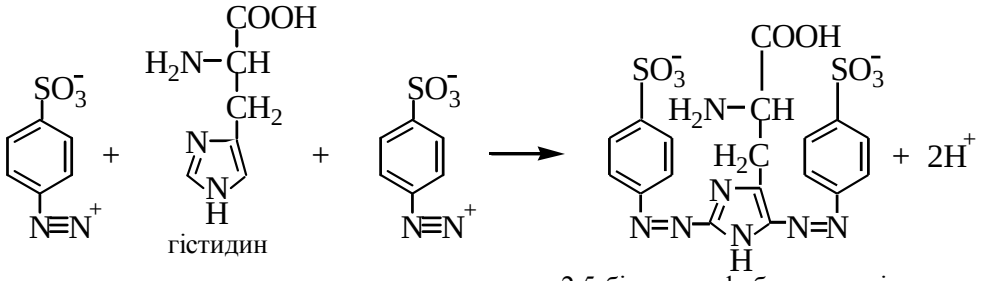
Виявлення гістидину, тирозину

Реагент: сульфанілова кислота, HCl, $NaNO_2$.

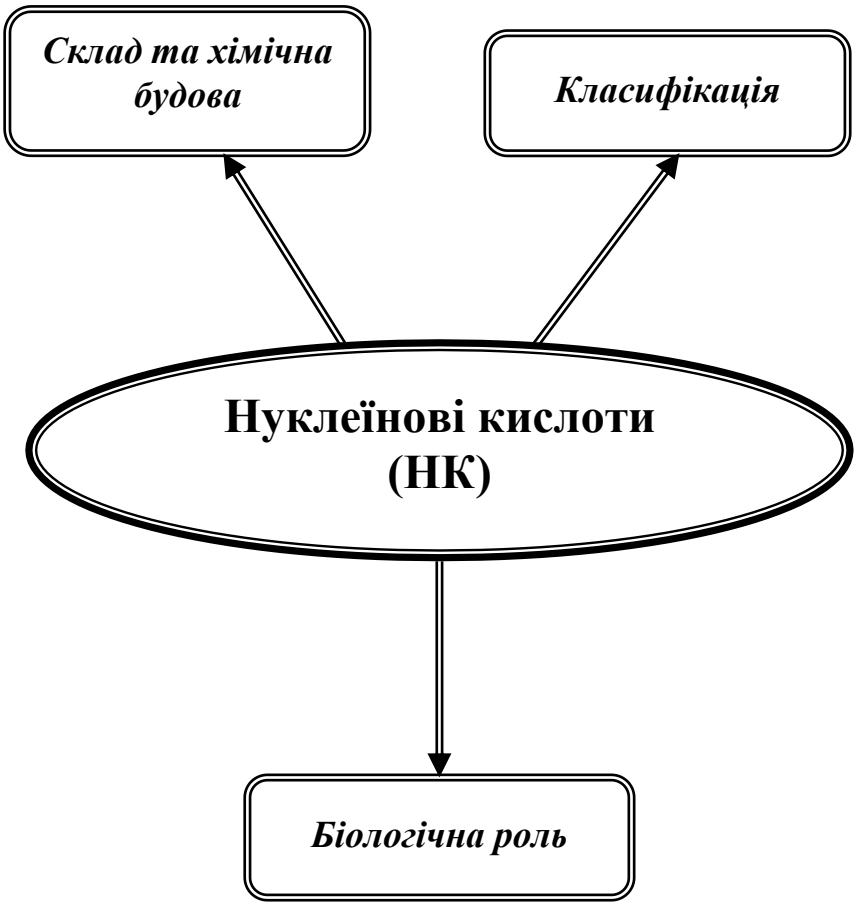


сульфанілова кислота

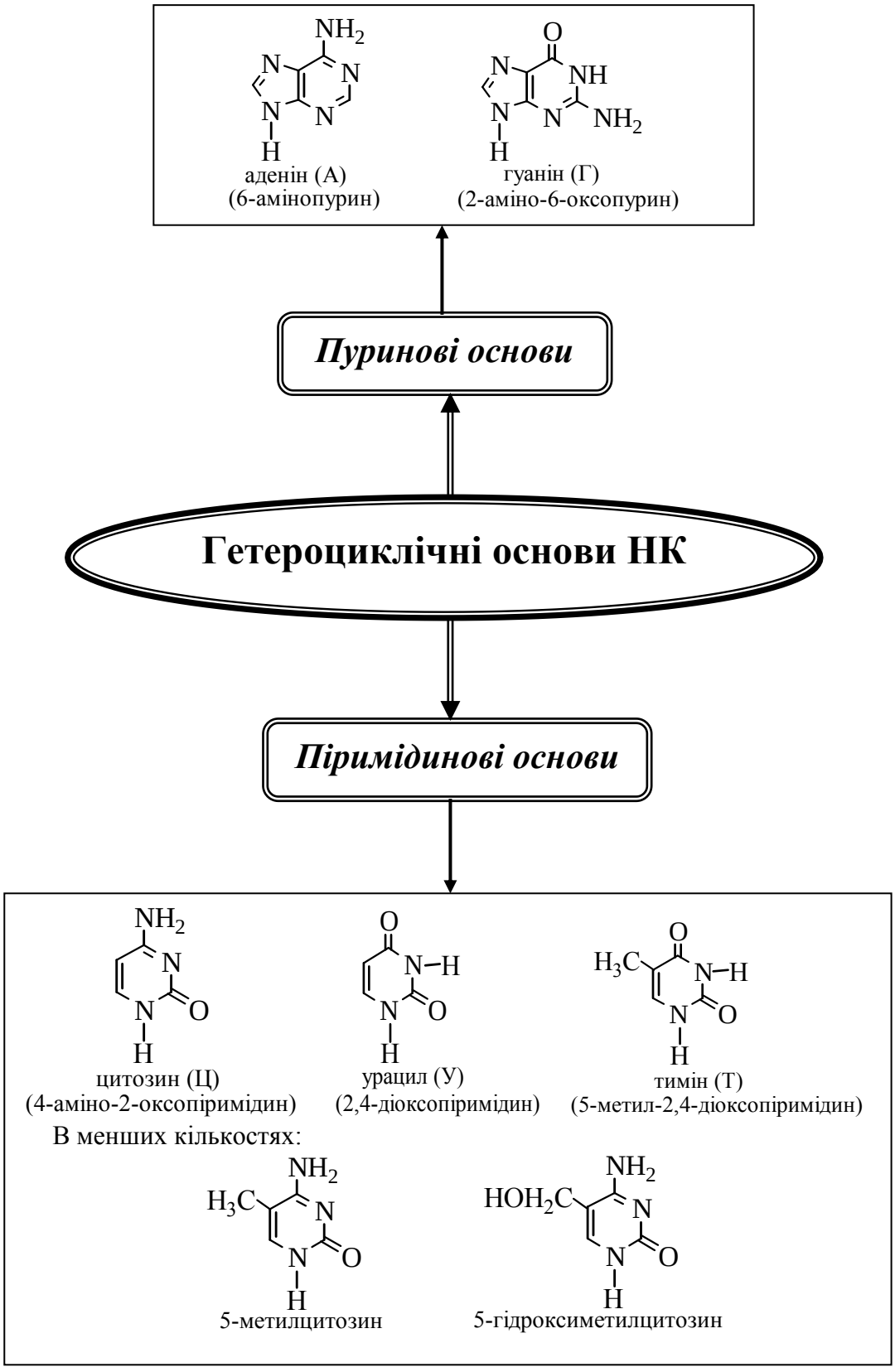
n-сульфобензендіазоній



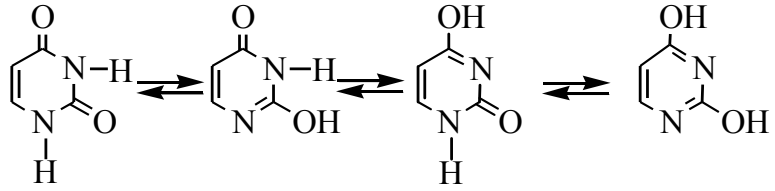
2,5-біс-*n*-сульфобензеназогістидин (вишнево-червоне забарвлення)


Склад та хімічна будова
Класифікація
Нуклеїнові кислоти (НК)
Біологічна роль

Склад та
хімічна будова НК
Макромолекули НК побудовані з блоків *нуклеотидів*, які являють собою сполучені залишки нуклеозидів і фосфатної кислоти.
Нуклеозиди складаються із залишків моносахариду та гетероциклічної основи
Нуклеїнові кислоти
Нуклеотиди
Нуклеозиди
H_3PO_4
Моносахарид
Гетероциклічна основа

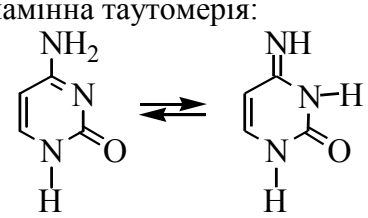

аденін (А)
(6-амінопурин)
гуанін (Г)
(2-аміно-6-оксопурин)
Пуринові основи
Гетероциклічні основи НК
Піримідинові основи
цитозин (Ц)
(4-аміно-2-оксопіримідин)
урацил (У)
(2,4-діоксопіримідин)
тимін (Т)
(5-метил-2,4-діоксопіримідин)
В менших кількостях:
5-метилцитозин
5-гідроксиметилцитозин

Оксопохідні – лактим-лактамна таутомерія:



урацил

Амінопохідні – імін-енамінна таутомерія:



цитозин

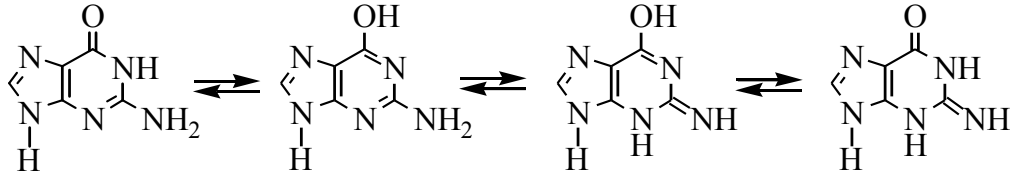
Гетероциклічні основи НК

Піримідинові основи

Гетероциклічні основи, крім лактамної таутомерної форми, можуть існувати в інших таутомерних формах: лактимній, імін-енамінній (амін-імінна), цвітер-іона

Пуринові основи

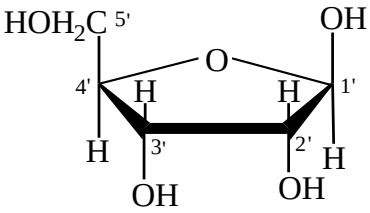
Пуринові основи можуть існувати у відповідних таутомерних формах, з яких найбільш стабільною є лактамна для гуаніну й амінна для аденіну:



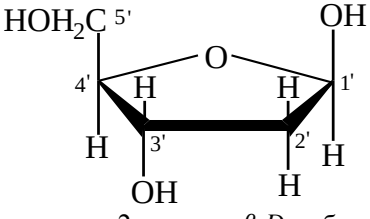
гуанін

Моносахариди НК

У молекулі нуклеозиду моносахаридами є альдопентози *D*-рибоза або 2-дезокси-*D*-рибоза у фуранозній формі:



β-*D*-рибоза
(*β*-*D*-рибофураноза)

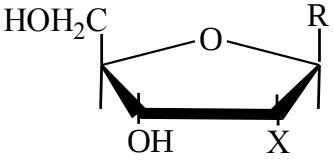


2-дезокси-*β*-*D*-рибоза
(2-дезокси-*β*-*D*-рибофураноза)

У нуклеозидному фрагменті атоми карбону моносахаридів нумерують цифрами зі штрихом, щоб відрізнити їх від атомів карбону гетероциклічної основи

Нуклеозиди

Двокомпонентні біоорганічні молекули, що складаються з гетероциклічної основи пуринового чи піримідинового ряду та пентози (*D*-рибози або 2-дезокси-*D*-рибози). Гетероциклічні основи сполучаються з рибозою N-глікозидним зв'язком за участю напівацетального гідроксилу моносахариду: у піримідинових нуклеозидах N-1 піримідину та C-1 пентози, а в пуринових – N-9 пурину та C-1 пентози:



нуклеозид

R = гетероциклічна основа

X = OH або H

Рибонуклеозид

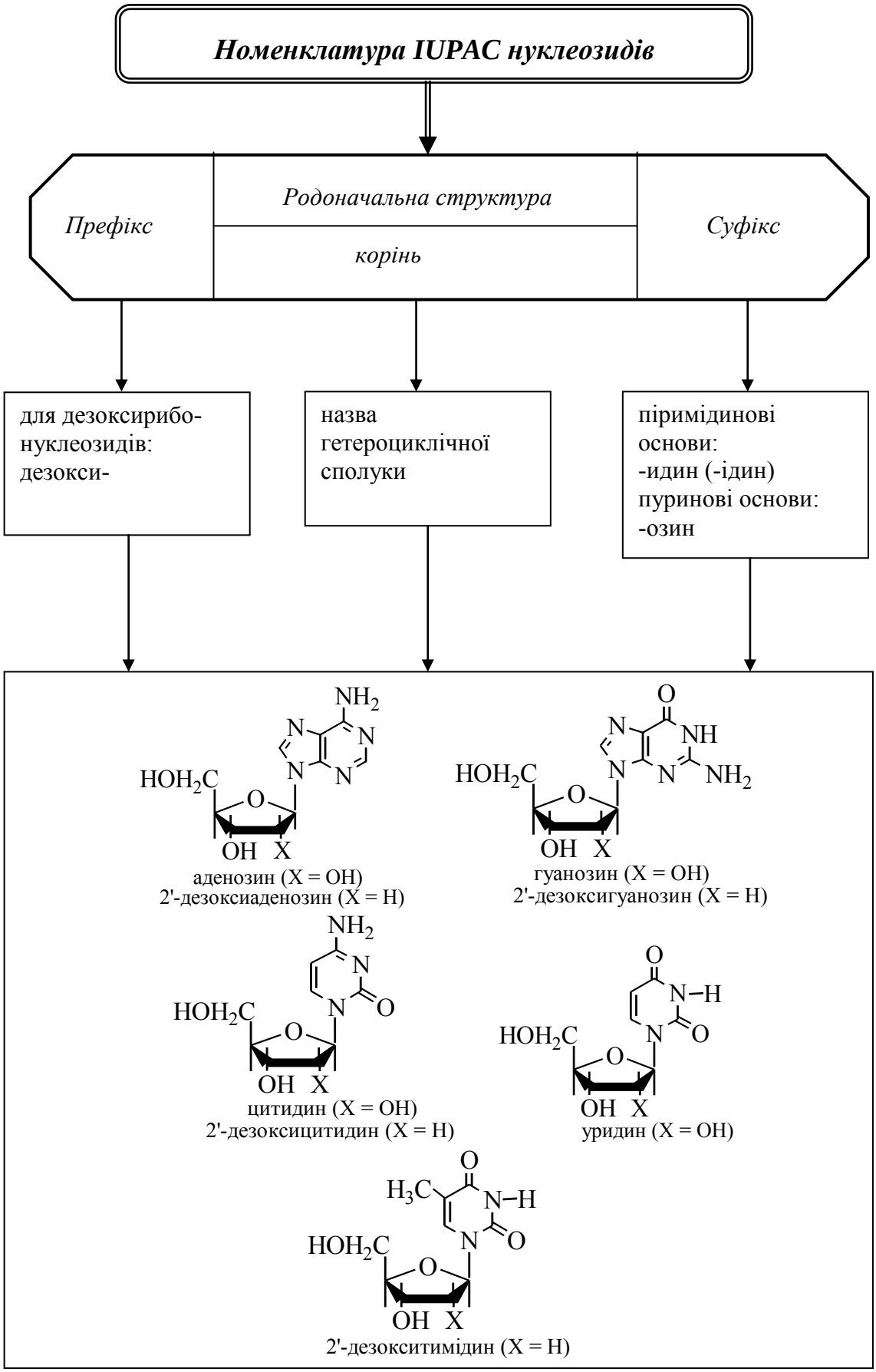
X = OH

R = аденін (А), гуанін (Г), цитозин (Ц), урацил (У)

Дезоксирибонуклеозид

X = H

R = аденін (А), гуанін (Г), цитозин (Ц), тимін (Т)

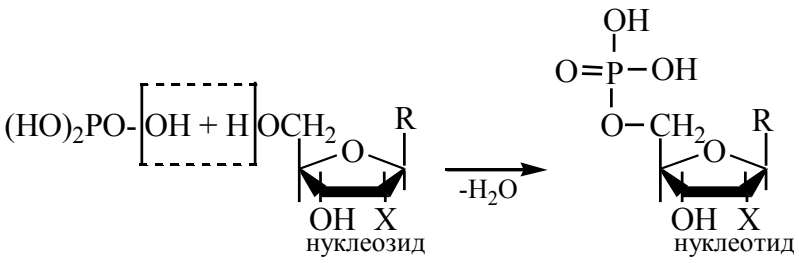

Номенклатура IUPAC нуклеозидів
Префікс
Родоначальна структура
корінь
Суфікс
для дезоксирибо-нуклеозидів: дезокси-
назва гетероциклічної сполуки
піримідинові основи: -идин (-ідин) пуринові основи: -озин
аденозин (X = OH)
2'-дезоксиаденозин (X = H)
гуанозин (X = OH)
2'-дезоксигуанозин (X = H)
цитидин (X = OH)
2'-дезоксицитидин (X = H)
уридин (X = OH)
2'-дезокситимідин (X = H)

Нуклеотиди

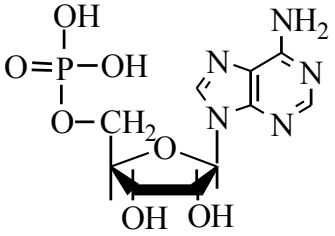
Нуклеотид – структурна одиниця НК, що складається з залишків нуклеозиду та фосфатної кислоти

Наявність двох гідроксильних груп при С3' та С5' у молекулі моносахариду дозволяє рибозному фрагменту взаємодіяти з фосфатною кислотою з утворенням нуклеотиду. Здебільшого в естерифікації приймає участь гідроксил при С5' моносахариду. У природі відомі також нуклеотиди дифосфати і трифосфати

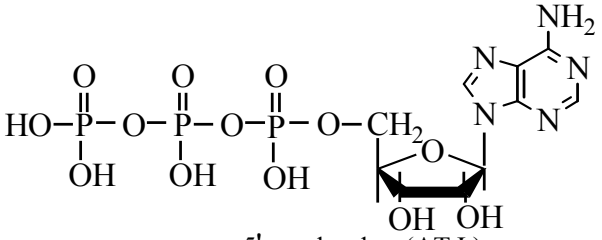
Рибонуклеотиди ***Дезоксирибонуклеотиди***



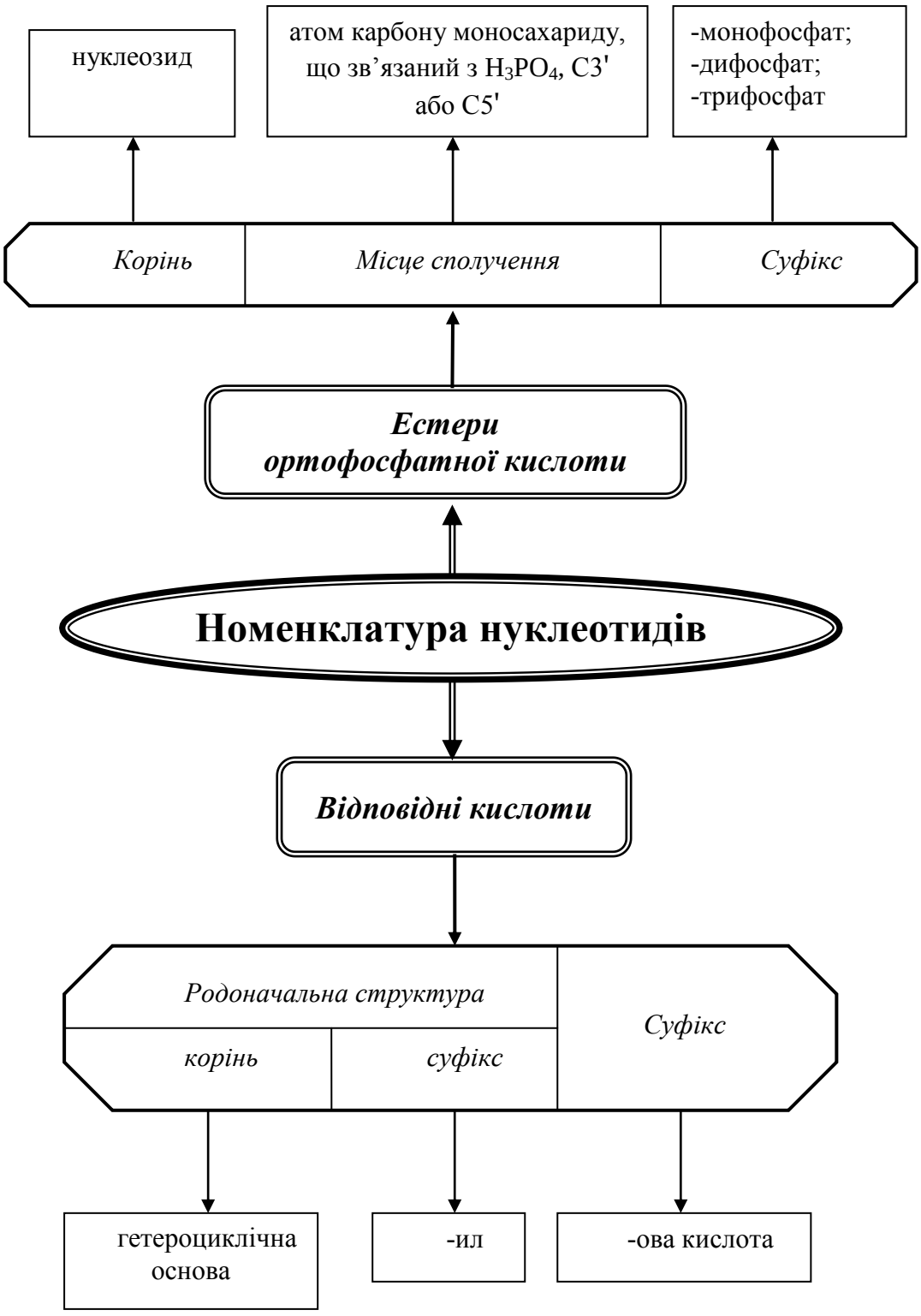
X = OH або H
R = гетероциклічна основа



аденозин-5'-монофосфатнуклеотид (АМФ)



аденозин-5'-трифосфат (АТФ)


нуклеозид
атом карбону моносахариду, що зв'язаний з H_3PO_4, C3' або C5'
-монофосфат;
-дифосфат;
-трифосфат
Корінь
Місце сполучення
Суфікс
Естери ортофосфатної кислоти
Номенклатура нуклеотидів
Відповідні кислоти
Родоначальна структура
корінь
суфікс
Суфікс
гетероциклічна основа
-ил
-ова кислота

Номенклатура нуклеотидів

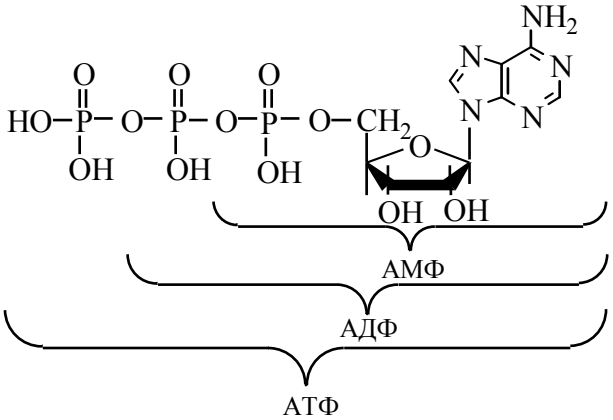
Назви нуклеотидів

Гетероциклічна основа	**Монофосфати**	**Кислоти**	**Позначення**
Урацил	Уридин-5'-монофосфат	5'-Уридилова	УМФ
Цитозин	Цитидин-5'-монофосфат	5'-Цитидилова	ЦМФ
	Дезоксицитидин-5'-монофосфат	Дезоксицитидилова	дЦМФ
Тимін (тільки для ДНК)	Тимідин-5'-монофосфат	Тимідилова	ТМФ
Аденін	Аденозин-5'-монофосфат	5'-Аденілова	АМФ
	Дезоксиаденозин-5'-монофосфат	Дезоксиаденілова	дАМФ
	Аденозин-3'-монофосфат	3'-Аденілова	3'-АМФ
Гуанін	Гуанозин-5'-монофосфат	5'-Гуанілова	ГМФ
	Дезоксигуанозин-5'-монофосфат	Дезоксигуанілова	дГМФ

Біохімічні функції вільних нуклеотидів

1. Участь в реакціях біосинтезу ДНК та РНК як попередників – дезоксирибонуклеозидтрифосфати (дНТФ: дАТФ, дГТФ, дТТФ, дЦТФ) та нуклеозидтрифосфати (НТФ: АТФ, ГТФ, УТФ, ЦТФ).

2. Участь в енергетичному обміні – дифосфорильовані та трифосфарильовані нуклеотиди аденілової системи: аденозинтрифосфат (АТФ) та аденозиндифосфат АДФ):



Утворення АТФ з АДФ та неорганічного фосфату (Фн) є центральною реакцією окисного фосфорилювання, що відбувається в мембранах мітохондрій і є процесом запасання (акумуляції) хімічної енергії, яка вивільняється в результаті реакцій біологічного окиснення:

$$АДФ + Фн \longrightarrow АТФ$$

Особливістю фосфоангідридного зв'язку між залишками фосфатиду в *β*- та *γ*-положеннях молекули АТФ є висока стандартна вільна енергія (ΔG^o) гідролізу або переносу *γ*-фосфатної групи на інший акцептор:

$$АТФ \longrightarrow АДФ + Фн \quad \Delta G = -30{,}5 \text{ кДж/моль}$$

Біомолекули, що містять такі хімічні зв'язки, дістали назву *макроергічних сполук*. Хімічна енергія, що виділяється при ферментативному розщепленні макроергічних зв'язків в молекулах АТФ, є головним джерелом протікання інших ендергонічних реакцій та фізіологічних процесів у живих організмів.

3. Участь в метаболічних реакціях в ролі коферментів:

а) НАД, НАДФ, ФАД, ФМН – в реакціях біологічного окиснення;

б) УТФ, УДФ – в реакціях біосинтезу глікогену;

в) ЦТФ, ЦДФ – в біосинтезі гліцерофосфоліпідів

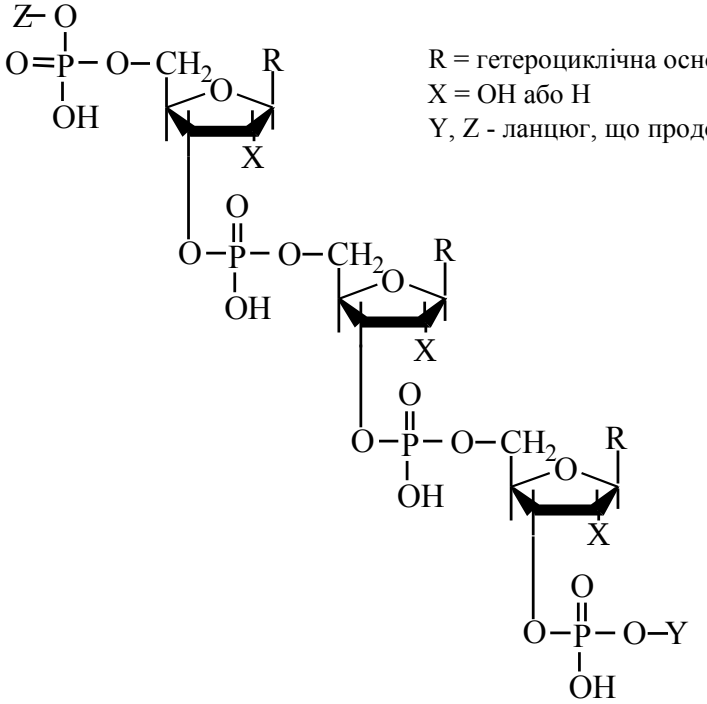
Нуклеїнові кислоти

Високомолекулярні сполуки, які складаються із значної кількості мононуклеотидів

Будова

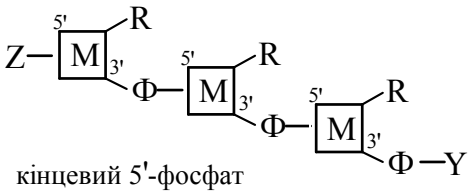
Класифікація

Окремі нуклеотиди зв’язані між собою в полінуклеотидний ланцюг за рахунок фосфодіестерних зв’язків, що утворюються між 3'- та 5'-гідроксильними групами пентоз сусідніх нуклеотидів. Наприклад:

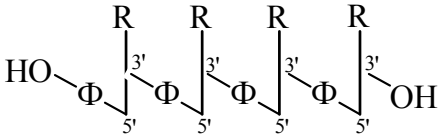


R = гетероциклічна основа
X = OH або H
Y, Z - ланцюг, що продовжується

Прийнято полінуклеотидний ланцюг схематично зображати від кінцевого 5'-фосфату зліва до 3'-кінцевої групи справа у напрямку 5'→3'. Для полегшення схематичного зображення НК застосовують стислу форму, що нагадує проекції Фішера:



кінцевий 5'-фосфат



кінцева 3'-OH група

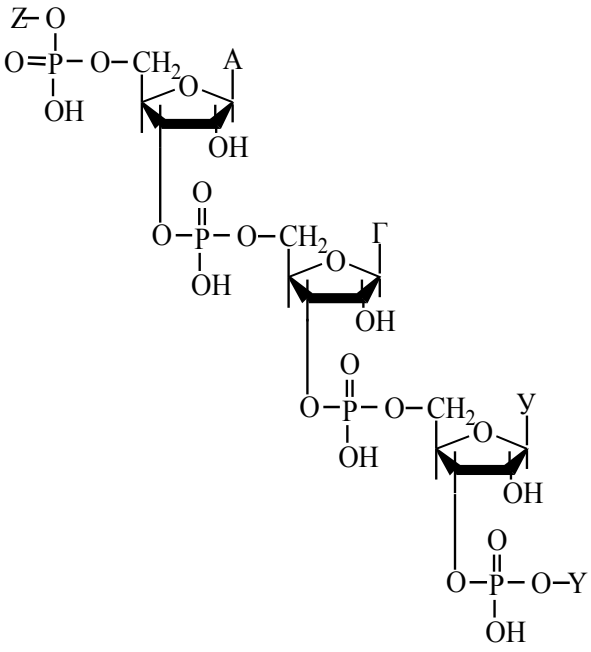
M - залишки моносахаридів
R - гетероциклічна основа
Ф - залишки фосфатної кислоти

Класифікація та склад НК

В залежності від природи моносахариду НК поділяють на рибонуклеїнові кислоти (РНК) та дезоксирибонуклеїнові кислоти (ДНК)

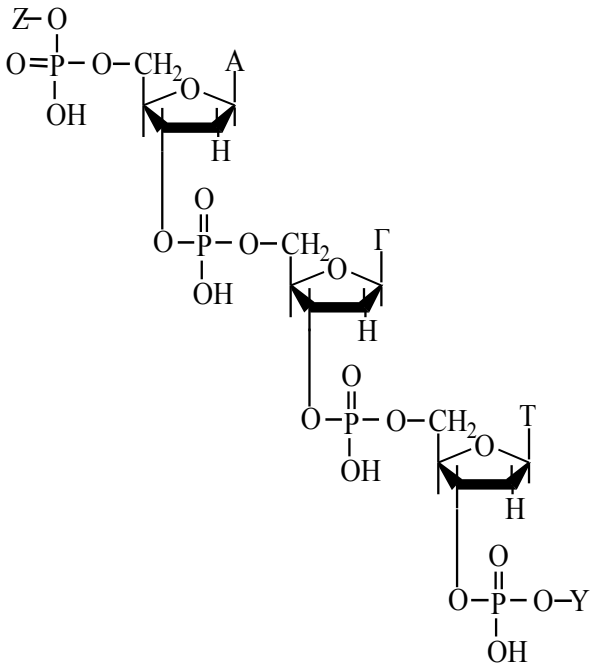
РНК

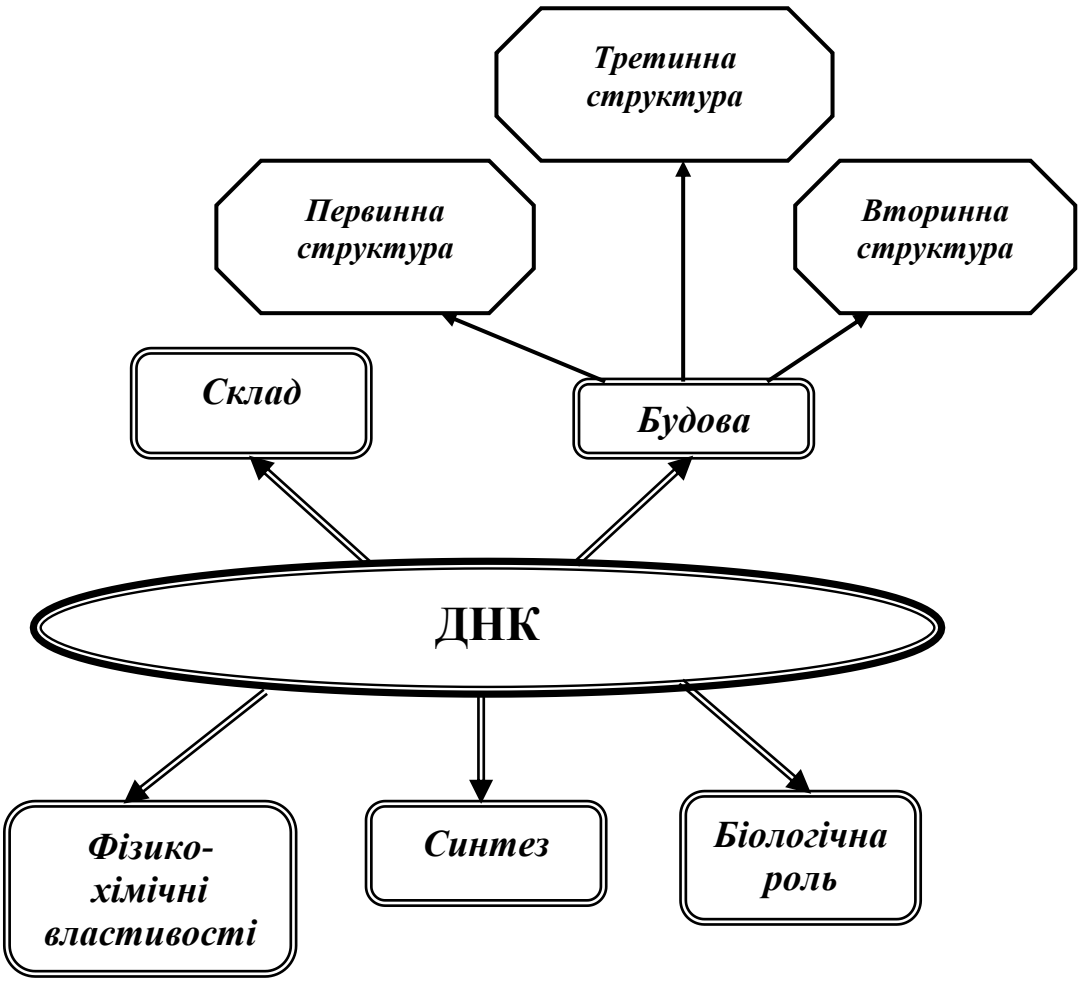
Моносахарид: *D*-рибоза; гетероциклічні основи: аденін (А), гуанін (Г), цитозин (Ц), урацил (У):

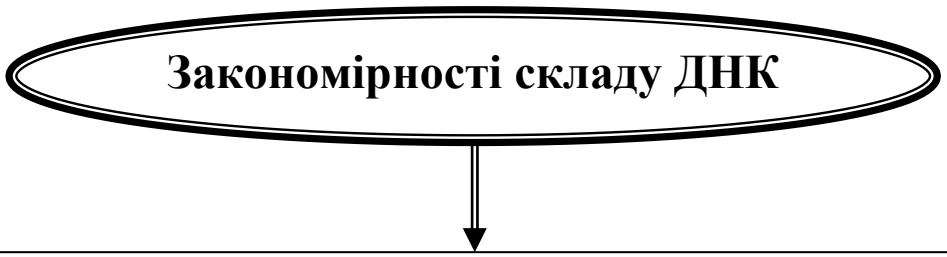


ДНК

Моносахарид: 2-дезокси-*D*-рибоза; гетероциклічні основи: аденін (А), гуанін (Г), цитозин (Ц), тимін (Т):




Третинна структура
Первинна структура
Вторинна структура
Склад
Будова
ДНК
Фізико-хімічні властивості
Синтез
Біологічна роль



Правила Чаргаффа (E. Chargaff):

1. Сума пуринових основ дорівнює сумі піримідинових основ:

А + Г = Т + Ц

або (А + Г)/(Т + Ц) = 1

2. Кількість 6-аміногруп дорівнює кількості 6-кетогруп (за хімічною номенклатурою Фішера).

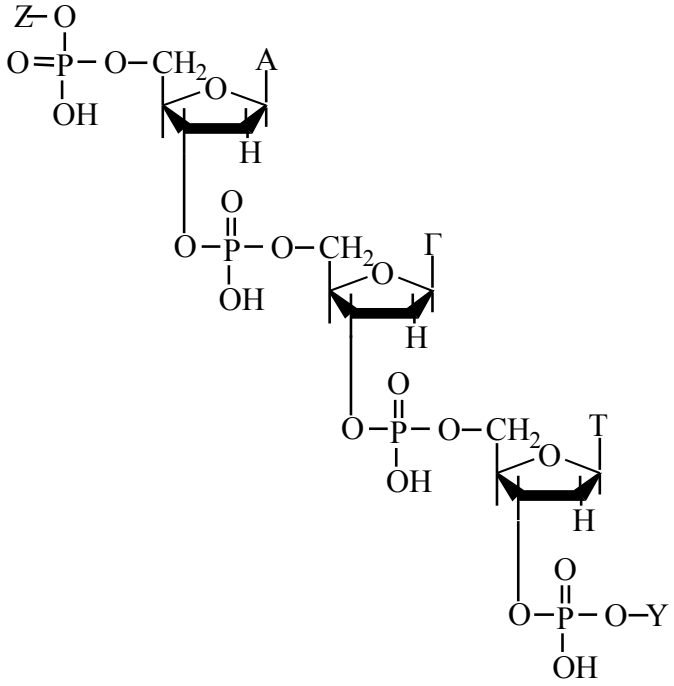
3. Вміст аденіну дорівнює вмісту тиміну, вміст гуаніну дорівнює вмісту цитозину (правило еквівалентності):

А = Т, Г = Ц

Будова ДНК

Первинна структура

Послідовність нуклеотидних ланок, сполучених 3',5'-фосфодіестерними зв’язками, в нерозгалуженій молекулі:

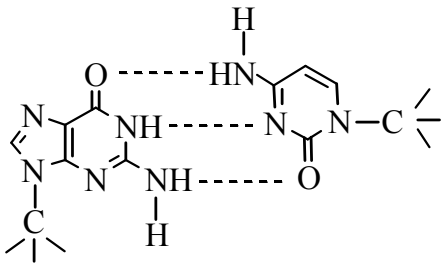


Будова ДНК

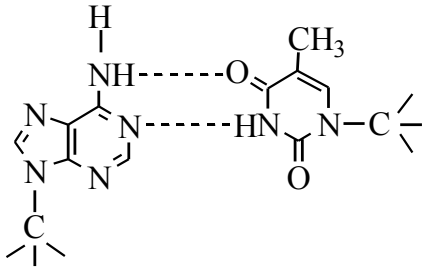
Вторинна структура

На основі результатів рентгеноструктурного аналізу М. Уілкінс, Д. Уотсон та Ф. Крік запропонували просторову модель структури ДНК. Ця просторова модель являє собою подвійну спіраль (так звана β-форма молекули ДНК за Уотсоном та Кріком).

Молекула ДНК складається з двох антипаралельних полінуклеотидних ланцюгів. Ці ланцюги сполучені між собою водневими зв'язками, що утворюються між протилежно розташованими, так званими комплементарними гетероциклічними основами: аденіном і тиміном та гуаніном і цитозином, відповідно, що і пояснюється правилом Чаргаффа:



взаємодія гуаніну з цитозином



взаємодія аденіну з тиміном

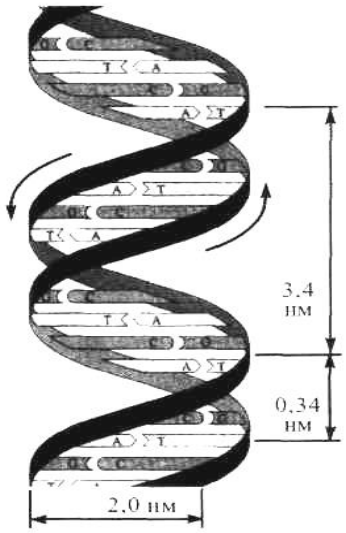
Два антипаралельні полінуклеотидні ланцюги утворюють стабілізовану водневими зв'язками правообертаючу спіраль, в якій полінуклеотидні ланцюги закручені навколо центральної осі.

Структурні особливості подвійної спіралі: діаметр – 2 нм, відстань між гетероциклічними основами впродовж осі спіралі 0,34 нм; спіральна структура повторюється з інтервалом в 3,4 нм, тобто через 10 нуклеотидних пар

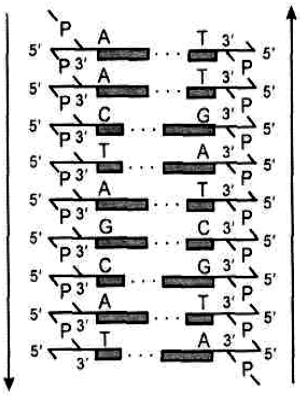
Будова ДНК

Вторинна структура

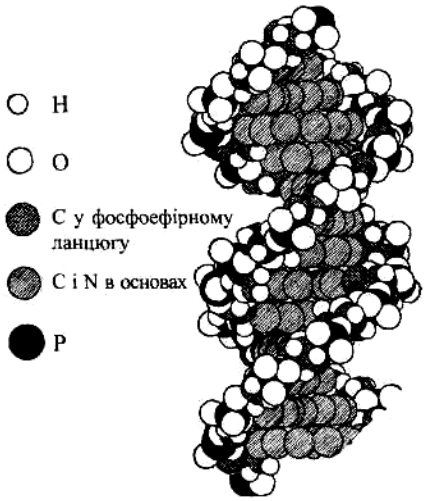
Крім водневих зв'язків молекули ДНК стабілізуються також за рахунок взаємодії між *p*-електронними хмарами гетероциклів, що розміщені один під одним упродовж осі спіралі – так звані "стекінг-взаємодії".



Схематична модель двоспиральної молекули ДНК за Уотсоном і Кріком



Антипаралельність полінуклеотидних ланцюгів в молекулі ДНК



B-форма молекули ДНК

Будова ДНК

Третинна структура

В живій клітині подвійна спираль, що становить вторинну структуру ДНК додатково згорнута у просторі, утворюючі певні третинні структури – суперспіралі.

Подібна третинна структура стабілізується за рахунок ковалентних зв'язків із залишками амінокислот, які входять до складу тих білків, що утворюють нуклеопротеїдні комплекси (хроматин):

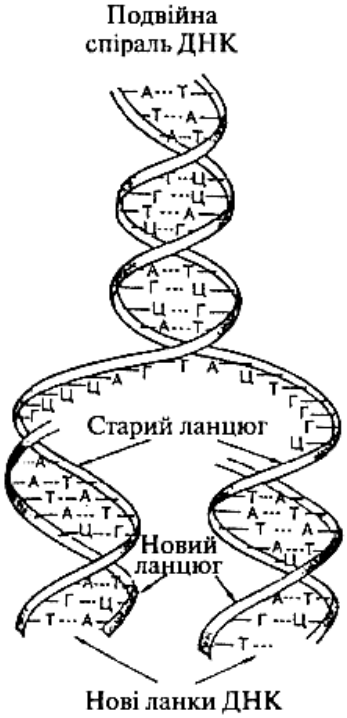
Фізико-хімічні властивості ДНК
В'язкість розчинів
Висока відносна молекулярна маса і значна довжина молекул ДНК зумовлюють високу в'язкість навіть дуже розведених розчинів
Хімічні властивості
ДНК – сильні багатоосновні кислоти з низьким значенням рК. Кислотність обумовлена вторинними фосфатними групами, які при фізіологічних значеннях pH повністю йонізовані
Денатурація
Денатурація ДНК – порушення нативної конформації молекул ДНК та їх впорядкованого розташування з утворенням невпорядкованих одноланцюгових клубків.
Денатурацію викликають:
а) різкі зміни pH в кислий або лужний бік;
б) нагрівання розчинів ДНК до певних температур.
Зворотній процес – ренатурація

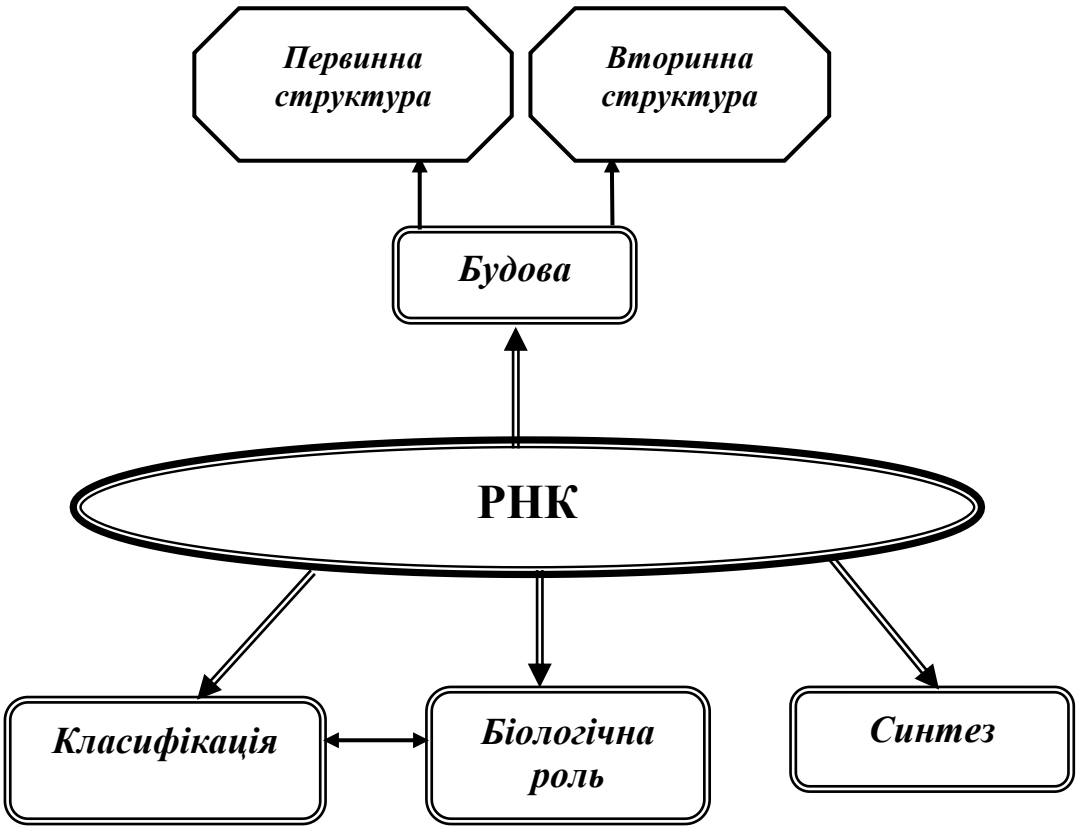
Біологічна роль ДНК

1. Забезпечення можливості самоутворення клітин.
2. Збереження та передача генетичної інформації.
3. Забезпечення синтезу РНК, яка приймає участь у синтезі білка в клітині

Якщо роз'єднати подвійну спіраль на окремі нитки, то на кожній з них може бути утворена нова спіраль, в якій послідовність гетероциклічних основ буде відповідати вихідній первісній ("материнській") спіралі. Утворена нова спіраль завдяки "горизонтальній" і "вертикальній" взаємодії зі своєю матричною утворює нову подвійну спіраль. У такий спосіб із однієї подвійної спіралі ДНК у клітинному ядрі утворюються дві нові подвійні спіралі, але з точною копією "оригіналу" матричної ДНК. Такий процес називається *реплікацією* ДНК

Реплікація – процес самоподвоєння матричної ДНК, при якому в новоутворенних ДНК точно збігається послідовність гетероциклічних основ.

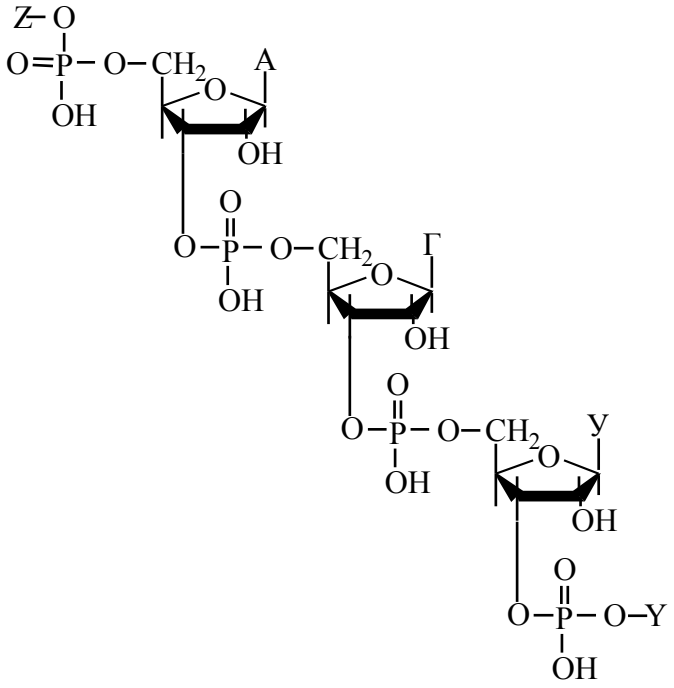



Первинна структура
Вторинна структура
Будова
РНК
Класифікація
Біологічна роль
Синтез

Будова РНК

Первинна структура

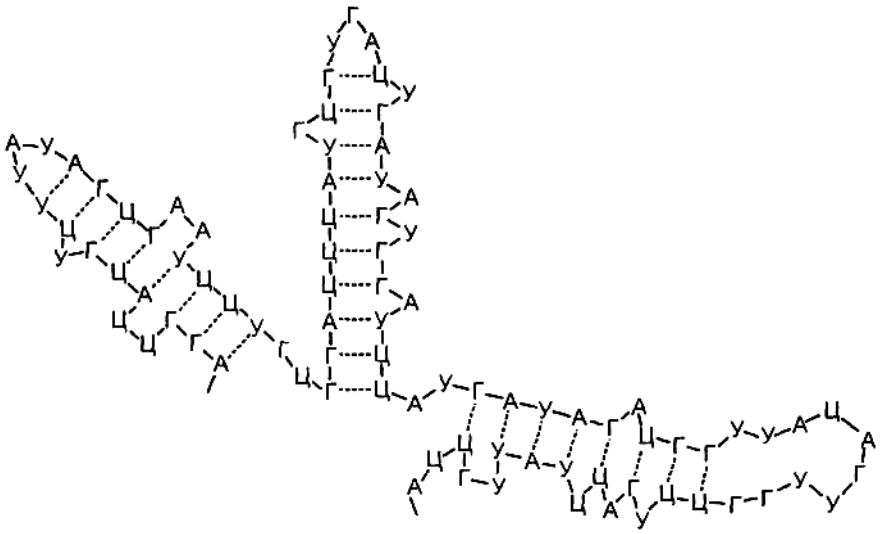
За первинною структурою РНК є одноланцюговими полінуклеотидами:



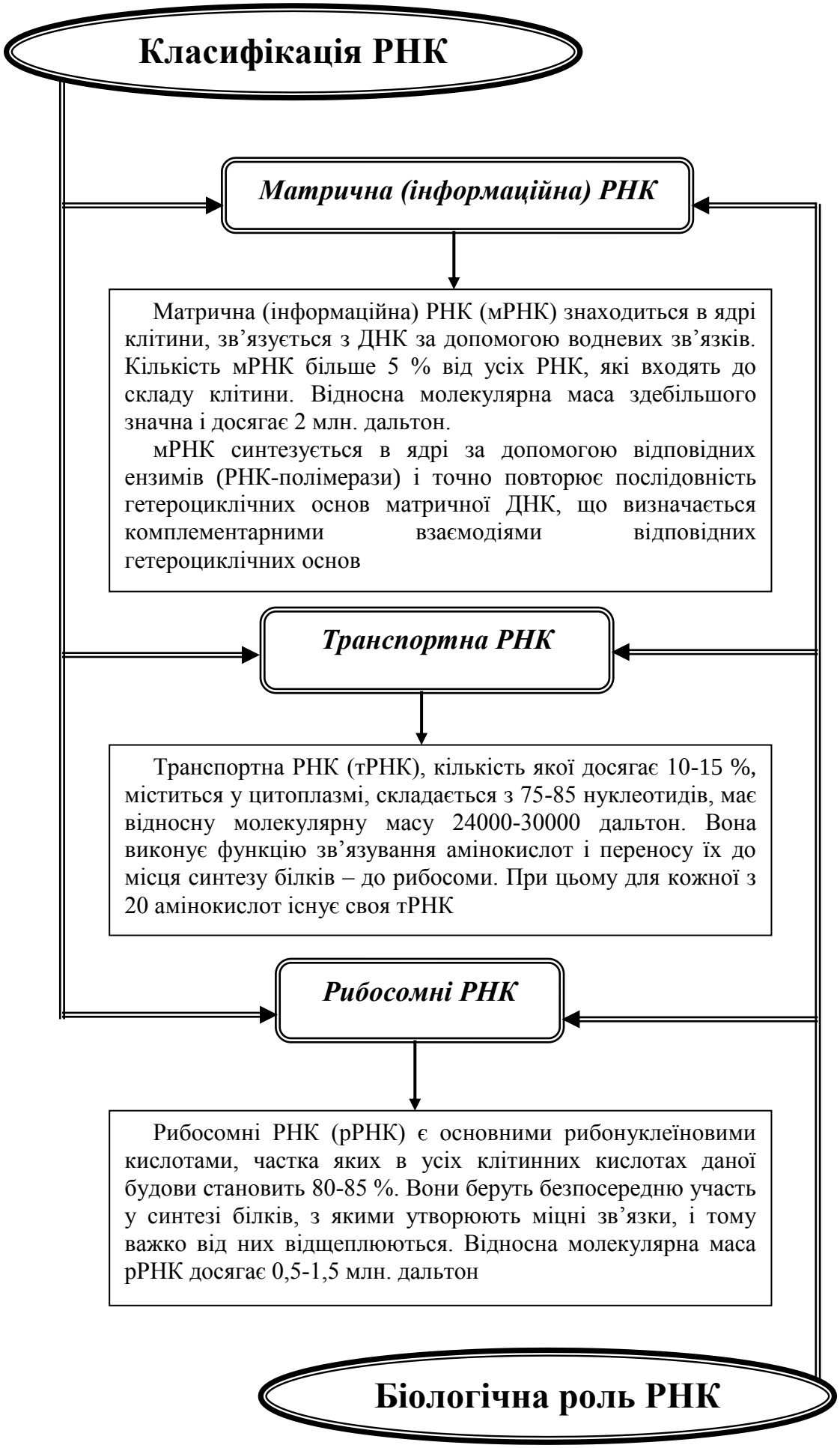
Будова РНК

Вторинна структура

Вторинна структура одноланцюгових полінуклеотидів еукаріотів характеризується наявністю ділянок, що мають двоспіральну структуру. Ці ділянки молекул РНК – так звані “шпильки” – утворюються за рахунок згинів полірибонуклеотидного ланцюга та взаємодії між собою комплементарних гетероциклічних основ (А–У та Г–Ц) в межах одного ланцюга. Такі спіральні ділянки включають в себе 20-30 нуклеотидних пар і чергуються з неспіралізованими фрагментами РНК:



Механізм утворення “шпильок” у вторинній структурі РНК


Класифікація РНК
Матрична (інформаційна) РНК
Матрична (інформаційна) РНК (мРНК) знаходиться в ядрі клітини, зв'язується з ДНК за допомогою водневих зв'язків. Кількість мРНК більше 5 % від усіх РНК, які входять до складу клітини. Відносна молекулярна маса здебільшого значна і досягає 2 млн. дальтон.
мРНК синтезується в ядрі за допомогою відповідних ензимів (РНК-полімерази) і точно повторює послідовність гетероциклічних основ матричної ДНК, що визначається комплементарними взаємодіями відповідних гетероциклічних основ
Транспортна РНК
Транспортна РНК (тРНК), кількість якої досягає 10-15 %, міститься у цитоплазмі, складається з 75-85 нуклеотидів, має відносну молекулярну масу 24000-30000 дальтон. Вона виконує функцію зв'язування амінокислот і переносу їх до місця синтезу білків – до рибосоми. При цьому для кожної з 20 амінокислот існує своя тРНК
Рибосомні РНК
Рибосомні РНК (рРНК) є основними рибонуклеїновими кислотами, частка яких в усіх клітинних кислотах даної будови становить 80-85 %. Вони беруть безпосередню участь у синтезі білків, з якими утворюють міцні зв'язки, і тому важко від них відщеплюються. Відносна молекулярна маса рРНК досягає 0,5-1,5 млн. дальтон
Біологічна роль РНК

В утворенні НК *in vivo* домінують процеси реплікації (ДНК) або транскрипції (РНК) з матричної (материнської) молекули ДНК під дією ензимів ДНК-полімерази або РНК-полімерази відповідно

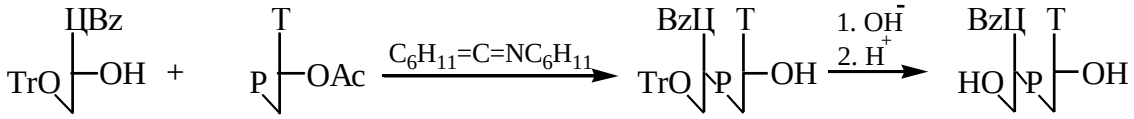
В природі

Одержання НК

Лабораторні методи

Особливо складний момент у синтезі НК – зв'язування двох нуклеотидів фосфатним мостиком безпосередньо по третьому та п'ятому гідроксилам. Для цього необхідно захистити гідроксили, які неповинні вступати в реакцію, і крім того, захистити аміногрупу гетероциклічних основ.

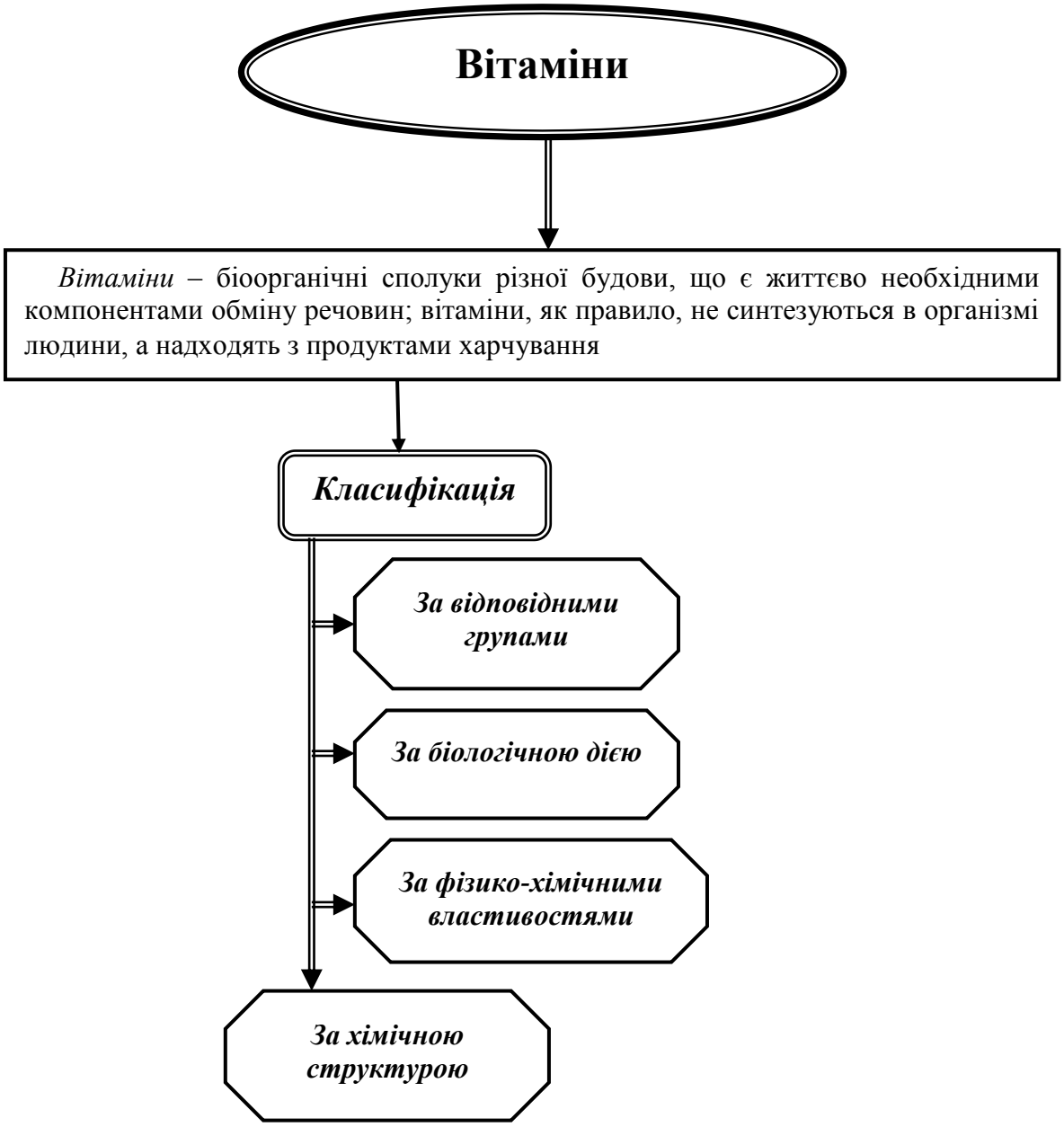
Вторинні гідроксили захищають бензоїлуванням або ацетилюванням, первинні гідроксили – тритилуванням, аміногрупи – бензоїлуванням. Зв'язування фосфатним мостиком здійснюється дією двокислотного фосфатного естеру нуклеозиду (нуклеотиду) на захищений другий нуклеотид у присутності дегідратуючого агента – дициклогексилкарбодіміду:

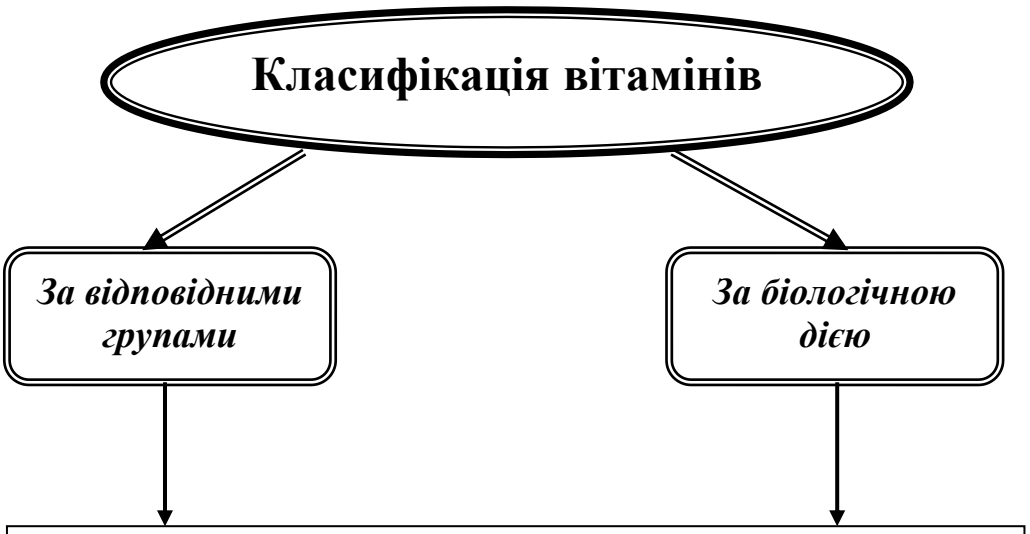


Ц - цитозин
Т - тимін

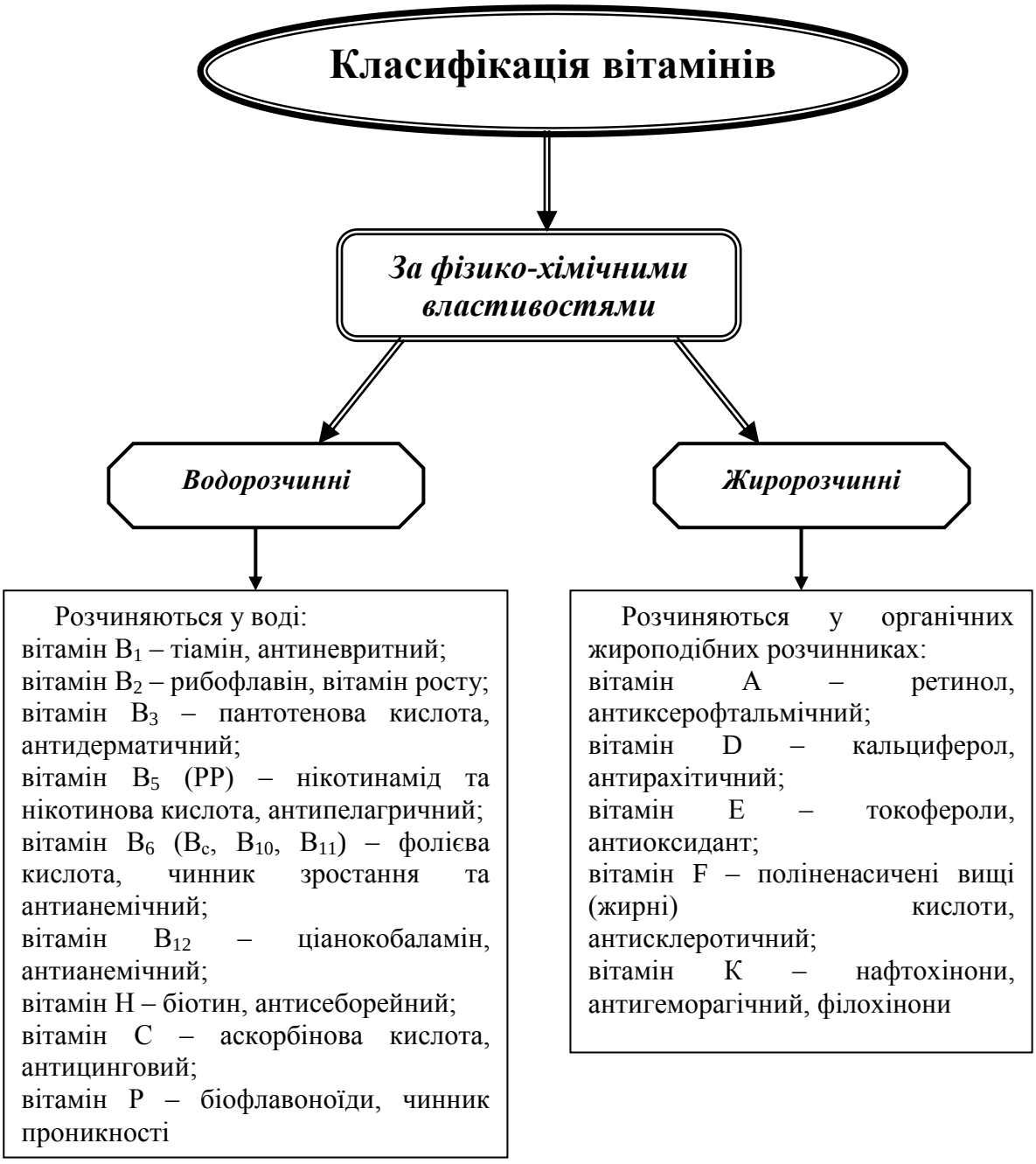
Tr - тритил (трифенілметил)
Р - залишок H_3PO_4

Bz - бензоїл
Ac - ацетил


Вітаміни
Вітаміни – біоорганічні сполуки різної будови, що є життєво необхідними компонентами обміну речовин; вітаміни, як правило, не синтезуються в організмі людини, а надходять з продуктами харчування
Класифікація
За відповідними групами
За біологічною дією
За фізико-хімічними властивостями
За хімічною структурою



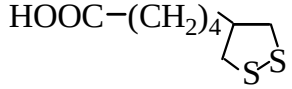
Перша класифікація полягала в емпіричному позначенні їх латинськими літерами за відповідними групами: вітамін А (група А), вітамін D (група D) та ін. Із часом для вітамінів однієї групи, що зустрічаються у природі разом, але мають різну хімічну будову та біологічну дію, почали додавати цифрові індекси: B_1, B_{12} тощо. Крім того, в назвах інколи вказують хімічну природу вітамінів або їхню біологічну дію з префіксом анти: вітамін B_3 – пантотенова кислота або антидерматичний, вітамін С – аскорбінова кислота або антицинговий (антискорбутний)


Класифікація вітамінів
За фізико-хімічними властивостями
Водорозчинні
Жиророзчинні
Розчиняються у воді:
вітамін B_1 – тіамін, антиневритний;
вітамін B_2 – рибофлавін, вітамін росту;
вітамін B_3 – пантотенова кислота, антидерматичний;
вітамін B_5 (PP) – нікотинамід та нікотинова кислота, антипелагричний;
вітамін B_6 (B_c, B_{10}, B_{11}) – фолієва кислота, чинник зростання та антианемічний;
вітамін B_{12} – ціанокобаламін, антианемічний;
вітамін H – біотин, антисеборейний;
вітамін C – аскорбінова кислота, антицинговий;
вітамін P – біофлавоноїди, чинник проникності
Розчиняються у органічних жироподібних розчинниках:
вітамін A – ретинол, антиксерофтальмічний;
вітамін D – кальциферол, антирахітичний;
вітамін E – токофероли, антиоксидант;
вітамін F – поліненасичені вищі (жирні) кислоти, антисклеротичний;
вітамін K – нафтохінони, антигеморагічний, філохінони

Класифікація вітамінів
За хімічною структурою
Ґрунтується на певних класах органічних сполук, які відображають їхню молекулярну структуру (вітаміни та вітаміноподібні речовини доцільно розглядати разом)
Вітаміни аліфатичного ряду
Вітаміни аліциклічного ряду
Вітаміни ароматичного ряду
Вітаміни гетероциклічного ряду

Вітаміни аліфатичного ряду

Сульфурвмісні похідні насичених кислот (вітамін N)



(+)-ліпоєва кислота

Біологічна дія: приймає участь у процесах перенесення атомів гідрогену та ацильних груп, виявляє антиоксидаційну властивість, бере участь у регулюванні вуглеводного, ліпідного та холестеролового обміну речовин.

Джерело: печінка великої рогатої худоби.

Застосування: як сама кислота, так і її амід застосовується при лікуванні цукрового діабету, уражень печінки, порушення зору.

Добова потреба: 1-2 мг

Ненасичені вищі карбонові кислоти (вітамін F)

Незамінні ненасичені вищі карбонові кислоти (ВКК): лінолева, ліноленова, арахідонова та ін.

Загальна формула:

$CH_3-(CH_2)_m-(CH=CH-CH_2)_n-(CH_2)_l-COOH$

m = 1,4,5,7; n = 1-6; *l* = 0-7.

Конфігурація подвійних зв'язків: *цис*-конформація.

$CH_3-(CH_2)_4-CH=CH-CH_2-CH=CH-(CH_2)_7-COOH$

лінолева кислота

$CH_3-CH_2-CH=CH-CH_2-CH=CH-CH_2-CH=CH-(CH_2)_7-COOH$

ліноленова кислота

$CH_3-(CH_2)_4-CH=CH-CH_2-CH=CH-CH_2-CH=CH-CH_2-CH=CH-(CH_2)_3-COOH$

арахідонова кислота

Біологічна дія: необхідний для нормального синтезу простагландинів, фосфо- та гліколіпідів, підтримує резерв вітамінів групи А, знижує вміст холестеролу в крові, впливає на активність ензимів та імунний захист.

Джерело: лінолеву та ліноленову кислоту добувають з рослинних олій, арахідонову кислоту виділяють з лецитину свинячої печінки.

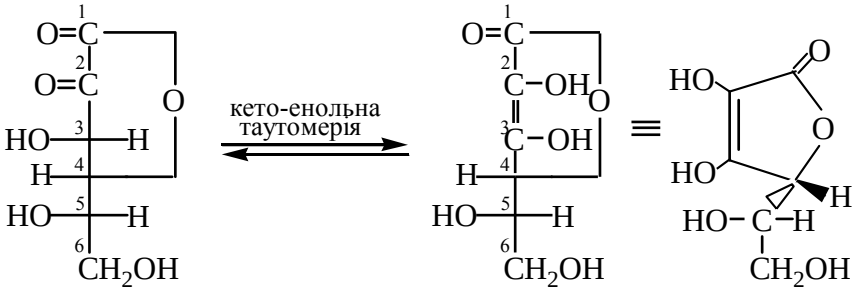
Застосування: для лікування атеросклерозу.

Добова потреба: приблизно 10 г

Вітаміни аліфатичного ряду

Похідні ненасичених полігідрокси-γ-лактонів (вітамін С)

Вітамін С належить до ненасичених полігідрокси-γ-лактонів і являє собою енольну форму 2-оксо-*L*-гулонової кислоти (будова встановлена у 1933 р. – Р. Херберт, Е. Хірст, Г. Ейлер):



γ-лактон (+)-*L*-аскорбінова кислота

Біологічна дія: участь у перенесені атомів гідрогену до акцепторів в окисно-відновних процесах, при обміні вуглеводів, білків, участь у процесах гідроксилювання, утворенні стероїдних гормонів, антиоксидант.

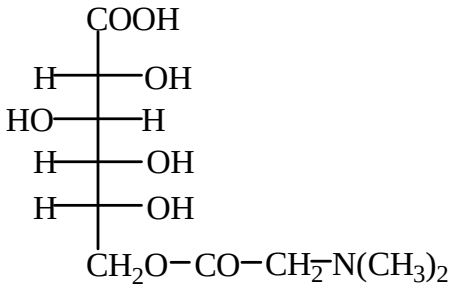
Застосування: ефективний лікувальний препарат проти цинги, широко використовується у харчовій промисловості.

Джерело: плоди шипшини, ягоди чорної смородини, горобини, фрукти, свіжі овочі, хвоя, червоний перець тощо.

Добова потреба: 100 мг

Похідні естерів глюконової кислоти (вітамін B_{15})

Вітаміноподібна пангамова кислота (вітамін B_{15}) – естер глюконової кислоти:



пангамова кислота

Біологічна дія: захист печінки від жирового переродження, участь як метилюючого агента в біосинтезі холіну, метіоніну, адреналіну, креатину, стероїдних гормонів, активує процеси окиснення, зменшує токсичну дію алкоголю, антибіотиків тетрациклінового ряду.

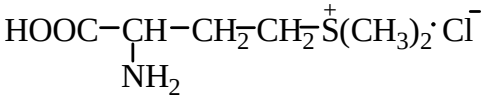
Джерело: печінка, дріжджі, насіння деяких рослин.

Застосовування: кальцієві солі кислоти при серцевих хворобах, атеросклерозі, гепатиті.

Добова потреба: 100-300 мг

Вітаміни аліфатичного ряду

Похідні α-амінокислот (вітамін U)



S-метилметіонін

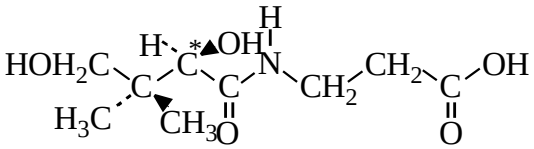
Біологічна дія: сприяє синтезу холіну, холінофосфатидів, креатину.

Джерело: листя капусти, молоко, петрушка, цибуля, шпинат, зелений чай, томати, банани, фрукти.

Застосування: при лікуванні виразки шлунку, гастриту.

Добова потреба: 200 мг

Похідні β-амінокислот (вітамін B_3)



пантотенова кислота

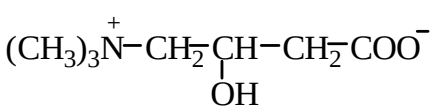
Біологічна дія: у вигляді коензиму А бере участь в обміні жирів та вуглеводів, у синтезі ацетилхоліну, стимулює утворення кортикостероїдів.

Джерело: дріжджі, молоко, горіх, риб'ячий жир, пшениця, нирки.

Застосування: компонент косметичних препаратів, харчова добавка для тварин.

Добова потреба: 10-15 мг

Похідні γ-амінокислот (вітамін $B_т$)



карнітин (вітамін $B_т$)

Біологічна дія: анаболічна дія – покращує апетит, збільшує масу тіла, стимулятор росту (вітамін росту), нормалізує обмін речовин при деяких хворобах, а також сприяє окисненню ВКК з виділенням при цьому енергії.

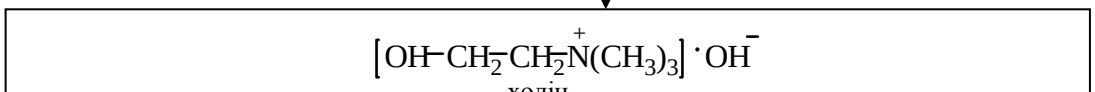
Джерело: м'ясні продукти.

Застосування: для стимуляції м'язової діяльності, секреції підшлункової залози.

Добова потреба: 500 мг

Вітаміни аліфатичного ряду

Похідні третинних амінів (холін, вітамін B_4)



холін

Біологічна дія: входить до складу фосфоліпідів і за біологічною дією є важливим стимулятором обміну жирів. Його нестача призводить до вторинної холінової недостатності (хвороби печінки, нирок, порушення процесів згортання крові).

Застосування: при лікуванні уражень печінки (цироз, гепатит), атеросклерозу, хронічному алкоголізму.

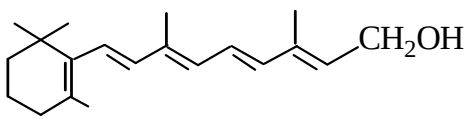
Джерело: печінка, нирки, м'ясо, рибні продукти, злакові, капуста, шпинат.

Добова потреба: 1-4 г

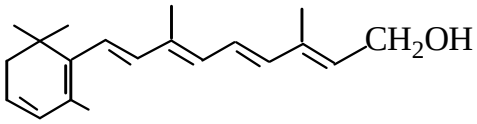
Вітаміни аліциклічного ряду

Циклогексенілізопреноїди (вітаміни групи А)

До групи вітамінів А належать похідні рослинних пігментів – каротинів, із яких найбільше значення мають – вітамін A_1 (ретинол) (будова встановлена П. Каррером у 1931 р.) та A_2 (дегідроретинол). Крім того, до таких вітамінів відносять також ретиналь (вітамін A_1-альдегід), ретиноєву кислоту:



вітамін A_1 (ретинол)



вітамін A_2 (3,4-дегідроретинол)

Вітаміни групи A_1 існують у вигляді геометричних ізомерів, але тільки деякі з повною *транс*-конфігурацією проявляють фізіологічну активність, *цис*-ізомери такою активністю не володіють.

Біологічна дія: багатопланова, полягає здебільшого в регулюванні темнового зору, зростанні клітин (вітамін росту), утворенні глікопротеїнів. У разі недостатності вітаміну А (авітаміноз) у людини спостерігається сухість слизових оболонок, сповільнення росту, запалення дихальних шляхів, порушення структури і функції епітелію, що викликає сухість шкіри.

Застосування: у медицині препарати на основі природних вітамінів А, а також синтетичні естери: ацетат або пальмітат ретинолу.

Джерело: вітаміни групи А найчастіше зустрічаються у вигляді провітамінів – каротиноїдів: в рослинах – морква, томати, перець та ін., а також – печінці великої рогатої худоби та свиней, яєчному жовтку, молоці, сметані, риб'ячий жир.

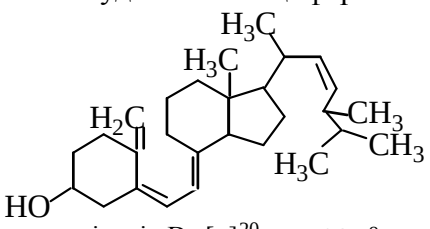
Добова потреба: 1-2,5 мг (вітамін А) або 2-5 мг β-каротину

Вітаміни аліциклічного ряду

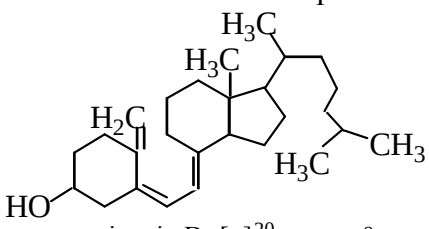
Циклогексанолетиленгідринданові вітаміни (вітаміни групи D)

До вітамінів групи D (кальциферолів) належать жиророзчинні речовини, близькі за хімічною будовою, які проявляють антирахітну дію. Найактивніші – ергокальциферол (вітамін D_2) та холекальциферол (вітамін D_3) (вітамін D_1 – суміш ергокальциферолу з деякими стеролами) (будова встановлена А. Віндаусом та Дж. Хейлборном у 1937 р.).

За хімічною будовою кальциферолі генетично пов'язані зі стеролами:



вітамін D_2 $[\alpha]_D^{20} = +106{,}2^o$



вітамін D_3 $[\alpha]_D^{20} = +112^o$

Біологічна дія: вітаміни групи D сприяють проникності йонів кальцію крізь клітинні мембрани, тобто у регуляції процесів їхнього обміну і підтриманні незмінної концентрації. Вітамінну активність вітаміни групи D проявляють у вигляді своєї активної форми – дегідроксипохідних, які утворюються при окисненні в присутності ензимів.

Джерело: ергокальциферол – вітамін рослинного походження, міститься в дріжджах, грибах у вигляді провітаміну (ергостеролу). Холекальциферол – вітамін тваринного походження, міститься у вершковому маслі, печінці, жовтку яєць, риб'ячому жирі.

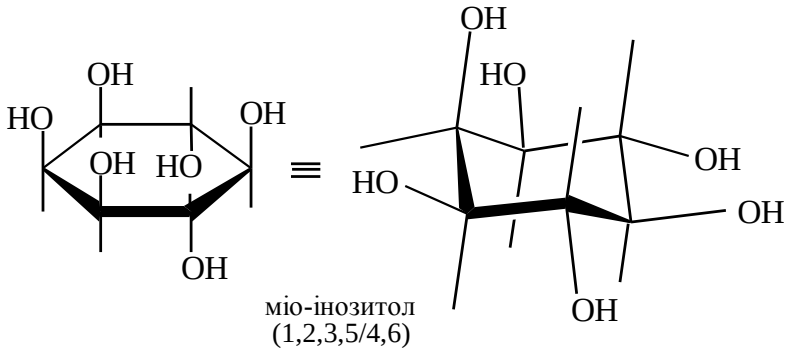
Застосування: при лікуванні або профілактики рахіту, деяких форм туберкульозу, захворюванні шкіри.

Добова потреба: 0,02-0,4 мг

Вітаміни аліциклічного ряду

Поліатомні насичені спирти (вітамін B_8)

До цих сполук із вітамінною активністю належить *міо*-інозитол, або вітамін B_8.



міо-інозитол
(1,2,3,5/4,6)

Біологічна дія: пов'язана з обміном фосфоліпідів.

Джерело: міститься у рослинних тканинах багатьох овочів, картоплі, фруктів, грибів, а також у печінці, м'ясі, молоці, яєчному жовтку тощо.

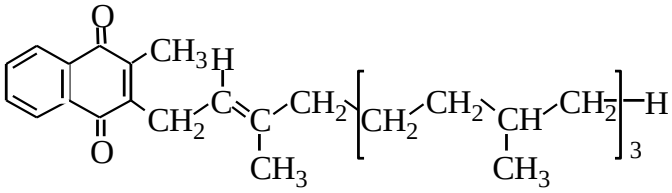
Застосування: ліпотропний чинник, який гальмує розвиток деяких злоякісних новоутворень у людини та дистрофії печінки у тварин. У разі нестачі вітаміну B_8 спостерігається дисфункція нервової системи.

Добова потреба: 10 мг

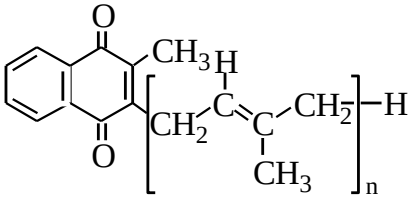
Вітаміни ароматичного ряду

Природні вітаміни групи К

До вітамінів групи К належать похідні 2-метил-1,4-нафтохінону з прищепленими ізопреновими ланками. У природі зустрічаються вітамін $К_1$ (філохінон) і вітамін $К_2$ (менахінон), які відрізняються кількістю ізопренових ланок та поширенням у природних об'єктах. Вітамін $К_2$ проявляє сильнішу біологічну дію, ніж вітамін $К_1$.



вітамін $К_1$ (філохінон)



вітамін $К_2$ (менахінон-6 при n = 6)

Біологічна дія: антигеморагічна дія пояснюється стимулюванням біосинтезу білків-ензимів.

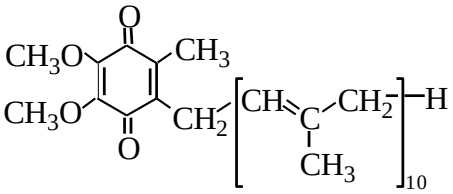
Джерело: вітамін $К_1$ – шпинат, капуста, гарбуз, ягоди калини, горобини; вітамін $К_2$ – переважно у тваринних продуктах: печінка, м'ясо великої рогатої худоби, яєчний жовток.

Застосування: для поліпшення згортання крові, особливо при лікуванні кровотечей після хірургічного втручання, при зменшенні кількості еритроцитів і вмісту гемоглобіну. В організмі людини або тварин вони постійно синтезуються шлунковою мікрофлорою.

Добова потреба: 20-30 мг

Убіхінони (вітаміни Q)

Убіхінони – вітаміноподібні жиророзчинні речовини (будова встановлена К. Фолкнером) .



убіхінон-10 (Q-10)

Біологічна дія: виконують функції переносників електронів та протонів від флавінових ензимів на цитохромну ситему.

Джерело: гриби, харчові продукти.

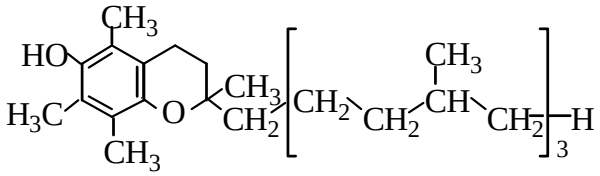
Застосування: у комплексній терапії хворих ішемією, при деяких формах дитячої анемії, призначають спортсменам для відновлення фізичної активності.

Потреба: потреба для людини невідома

Вітаміни гетероциклічного ряду

Токофероли (вітаміни групи Е)

Природні токофероли, що проявляють біологічну активність, відрізняються один від одного кількістю та місцем розташування метильних груп в бензеновому ядрі хроманового циклу (будову *α*-токоферолу встановили Е. Фернгольц та В. Джон у 1937 р.).



α-токоферол

Біологічна дія: антиоксидантна дія, особливо при пероксидному окисненні ліпідів клітинних мембран, точніше ненасичених ВКК, які входять до їхнього складу, підсилення тканинного дихання, сприяння синтезу убіхінону, підвищення біологічної активності вітаміну А. Найкращу вітамінну активність виявляє *α*-токоферол, потім *β-, γ-, δ-* тощо, а антиоксидаційні властивості проявляються навпаки і найефективніші вони у *δ*-токоферолу. Нестача вітаміну Е призводить не тільки до безпліддя, але і до ураження міокарду, переродження м'язів, розладу нервової системи.

Джерело: рослинні олії.

Застосування: вітамін Е у вигляді токоферілацетату вживають при виснаженні центральної нервової системи, перевтомах; для лікування уражень печінки, м'язів; при променевих та опікових хворобах; для стимуляції імунної системи; для запобігання самовільним викидам у жінок.

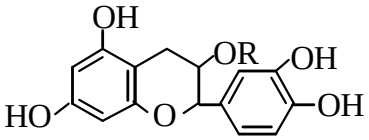
Добова потреба: 20-50 мг

Вітаміни гетероциклічного ряду

Біофлавоноїди (вітаміни групи Р)

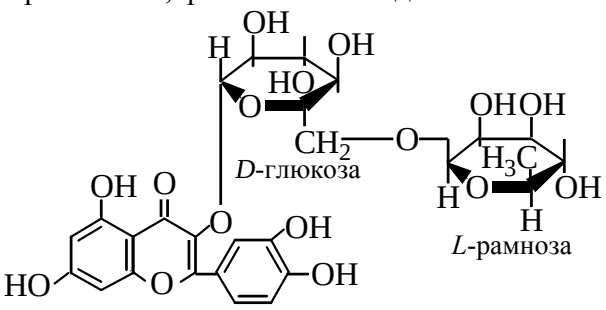
Біофлавоноїди поділяють на дві групи – похідні флавану та похідні флавону.

Похідні флавану – катехіни (катехін, епікатехін, епікатехінгалат тощо):



катехін (пентаоксифлаван)

Похідні флавону – флаваноли, флавоноглікозиди:



рутин

Біологічна дія: вітаміни групи Р проявляють антиоксиданті властивості, зміцнюють стінки капілярів, гальмують окиснення адреналіну та аскорбінової кислоти.

Джерело: плоди шипшини, чорної смородини, горобини, цитрусові, виноград, зелене листя чаю, гречка.

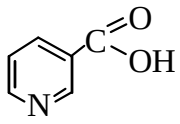
Застосування: зміцнення кровоносних капілярів.

Добова потреба: 50-70 мг (рутин)

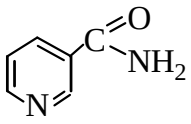
Вітаміни гетероциклічного ряду

Вітамін РР (вітамін B_5)

До вітаміну РР, або вітаміну B_5, належить нікотинова кислота та її амід, який інколи називають справжнім вітаміном РР.



нікотинова кислота



нікотинамід

Біологічна дія: вплив на функції головного мозку, органи травлення, серцево-судинну систему, а також систему крові, входить до складу коферментів НАД, НАДФ.

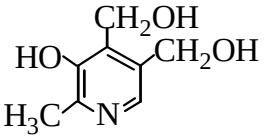
Джерело: продукти харчування рослинного і тваринного походження – хліб, круп'яні вироби, дріжджі, овочі, печінка, м'ясо, молоко.

Застосування: при лікуванні пелагри, стенокардії, психічних захворюваннях, тромбозу судин головного мозку, хворобах печінки та шлунку тощо.

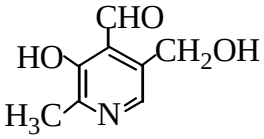
Добова потреба: 15-25 мг

Піридоксол (вітамін B_6)

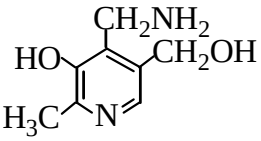
До вітаміну B_6 належать три подібні за структурою вітамерні похідні 2-метил-3-гідроксипіридину:



піридоксол



піридоксаль



піридоксамін

Біологічна дія: пов'язана з каталітичними формами – фосфатами піридокаслю та піридоксаміну, які утворюються при взаємодії останніх із АТФ. Такі фосфати є кофакторами і містяться практично в усіх клітинах організму.

Джерело: дріжджі, печінка, нирки, серцеві м'язи, злакові, квасоля, картопля, горох тощо.

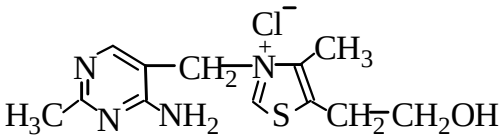
Застосування: при лікуванні гіповітамінозу вітаміну B_6, дерматитів, токсикозів, невритів тощо.

Добова потреба: 2-3 мг

Вітаміни гетероциклічного ряду

Тіамін (вітамін B_1)

Тіамін – похідна піримідину, в молекулі якого піримідиновий цикл сполучений з тіазолом метиленовим мостиком у вигляді відповідних хлоридних або бромідних солей:



амонійна сіль тіаміну

Біологічна дія: у вигляді тіамінодифосфату бере участь у процесах окиснення білків, ВКК, вуглеводів, синтезі холестеролу.

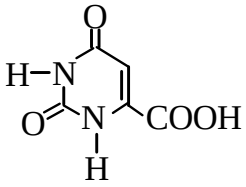
Джерело: дріжджі, хліб грубого помолу, гречка, соя, горіх, квасоля, тваринні продукти – нирки, печінка, мозок.

Застосування: при лікуванні цукрового діабету, гіповітамінозів, радикулітів, невритів, екземи, псоріазу, уражень нервової системи тощо.

Добова потреба: 1,5-3 мг

Оротова кислота (вітамін B_{13})

Оротова кислота належить до вітаміноподібних речовин.



оротова кислота

Біологічна дія: стимулює синтез білків, ріст і розвиток рослинних і тваринних організмів.

Джерело: продукти рослинного та тваринного походження: дріжджі, печінка, молоко.

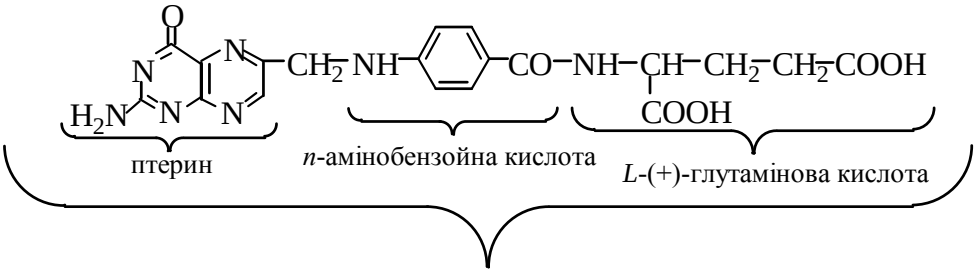
Застосування: у вигляді калієвої солі при лікуванні інфаркту міокарда, дистрофії м'язів, для нормалізації функції печінки, при променевих хворобах для підсилення регенеративних процесів тощо.

Добова потреба: 0,5-1,5 г

Вітаміни гетероциклічного ряду

Фолієва кислота (вітамін B_9 або вітамін B_c)

Фолієва кислота – похідна гетероциклічної сполуки птеридину.



Біологічна дія: відіграє важливу роль у метаболізмі білків та нуклеїнових кислот.

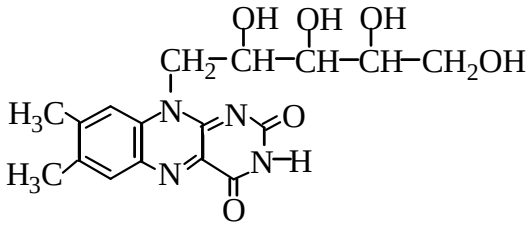
Джерело: боби, шпинат, горох, морква, фрукти, печінка, м'ясо, серце.

Застосування: для лікування злоякісної анемії, променевих хвороб, отруєнь метанолом.

Добова потреба: 0,2-0,5 мг

Рибофлавін (вітамін B_2)

Рибофлавін – похідна ізоалоксазину (будова встановлена групою П. Каррера та групою Р. Куна).



рибофлавін

Біологічна дія: бере участь у метаболізмі вуглеводів, жирів, у синтезі гемоглобіну, підтримує зір. Це пов'язано зі здатністю ізоалоксазинового ядра до багатьох окисно-відновних реакцій у клітинах. Входить до складу коферментів ФАД, ФМН.

Джерело: дріжджі, зародки зернових, бобових, шпинату, різних овочів, томату; м'ясо, печінка, яєчний жовток, риба, сир.

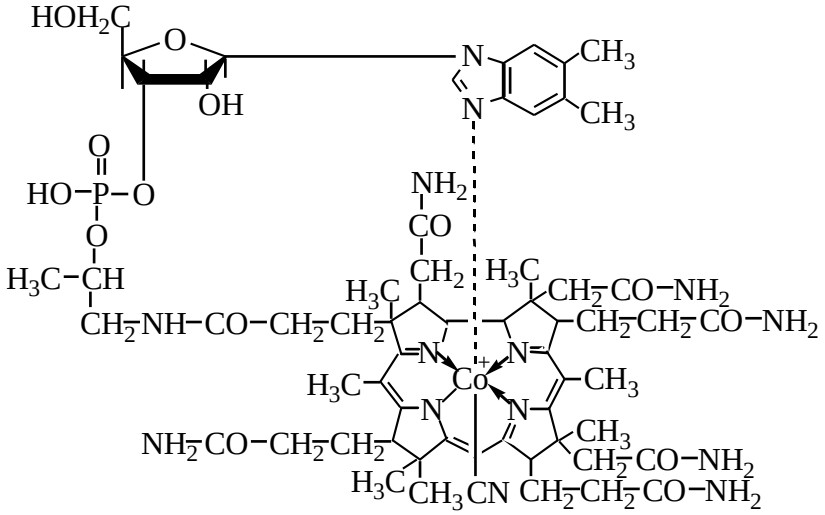
Застосування: при гіпо- й авітамінозі, для прискорення загоювання ран, при лікуванні хвороб зору, променевої, Боткіна, шкіри; уражень печінки; при отруєнні чадним газом тощо.

Добова потреба: 2-3 мг

Вітаміни гетероциклічного ряду

Коринові похідні (вітамін B_{12})

Вітаміни групи B_{12}, або кобаламіни, містять у структурі своїх молекул атом металевого елементу – кобальт (будова встановлена Д. Ходжкіним, А. Тоддом, Е. Смітом у 1957 р., повний синтез здійснив Р. Вудворд з групою співробітників у 1972 р.):



вітамін B_{12} (кобаламін)

Біологічна дія: кофакторні форми вітаміну B_{12} приймають участь у різних хімічних реакціях, які можна поділити на дві групи: 1) реакції трансметилювання, в яких метилкобаламін відіграє роль переносника метильної групи від 5-метилтетрагідрофолієвої кислоти при синтезі метіоніну, оцтової кислоти, пуринових та піримідинових основ, білків тощо; 2) реакції перенесення атомів гідрогену з утворенням С–Н-зв'язку при перетворенні під дією аденозилкобаламіну.

Джерело: печінка, нирки, серце, оселедець.

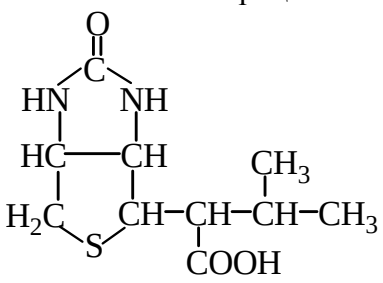
Застосування: вітаміни B_{12}, B_{12B} та аденозилкобаламін застосовується для лікування анемії, променевих хвороб, уражень нервової системи, спинного мозку тощо.

Добова потреба: 2,5-5 мг

Вітаміни гетероциклічного ряду

Похідні конденсованих п'ятичленних гетероциклів (біотин або вітамін Н)

Біотин належить до п'ятичленних бігетероциклів.



α-біотин

Біологічна дія: входить як кофактор до певних ензимів в процесах перенесення карбоксильної групи реакцій карбоксилювання, декарбоксилювання або транскарбоксилювання при синтезі ВКК, амінокислот тощо.

Джерело: дріжджі, квасоля, шпинат, горох, цибуля, картопля, нирки, печінка, яєчний жовток, молоко.

Застосування: при лікуванні дерматозів.

Добова потреба: 150-200 мг

Хімічні
Фізичні
Загальні властивості
Класифікація
Алкалоїди –
природні нітрогеновмісні органічні сполуки переважно рослинного походження, які проявляють основні властивості та здебільшого фізіологічну активність
Методи виділення
Аналіз

Класифікація алкалоїдів

Ботанічна (філогенетична)

В основу класифікації покладено групування сполук, виділених із певних родин рослин, наприклад алкалоїди родин пасльонових, макових (опійних), жовтецевих, бобових або алкалоїди іпекакуани, алкалоїди секуринегі, амарилісові алкалоїди тощо

Залежно від біосинтетичних попередників

1. Справжні алкалоїди, які утворені з відповідних амінокислот і мають у структурі своїх молекул нітрогеновмісні гетероцикли.
2. Протоалкалоїди, які утворені з амінокислот, але не мають нітрогеновмісного гетероциклу.
3. Псевдоалкалоїди, що утворені іншими шляхами без участі амінокислот

Хімічна

Поділ на певні групи залежно від хімічної природи центрального нітрогеновмісного циклу в структурі. Певною мірою така класифікація є відносною, оскільки хімічна будова природних сполук може бути найрізноманітнішою. Труднощі пов'язані з можливістю існування в молекулі різної кількості атомів нітрогену, різної природи циклів, різними шляхами їхнього сполучення у складніші структури та ін. Похідні: 1) піролідону; 2) піролізидину; 3) піридину та піперидину; 4) тропану; 5) індолу; 6) хіноліну; 7) ізохіноліну; 8) хінолізидину; 9) імідазолу; 10) хінозаліну; 11) акридону; 12) пурину; 13) ациклічні (негетероциклічні); 14) стероїдні; 15) поліпептидні та інші, структура яких не може бути однозначно віднесена до будь-якої групи

За характером фізіологічної та фармакологічної дії

1) нейротропні; 2) кардіотропні; 3) спазмолітичні; 4) анальгетичні тощо

Хімічна класифікація у поєднанні з класифікацією за рослинними джерелами є найоптимальнішою

Загальні властивості алкалоїдів

Фізичні

Алкалоїди, як правило, безбарвні кристалічні речовини з гіркім смаком. Солі алкалоїдів добре розчиняються у воді на відміну від чистих алкалоїдів, або алкалоїдів-основ. Алкалоїди-основи розчиняються у органічних розчинниках: діетиловому етері, дихлороетані, хлороформі, бензені тощо. Алкалоїди здебільшого проявляють оптичні властивості та обертають площину поляризованого світла найчастіше вліво

Хімічні

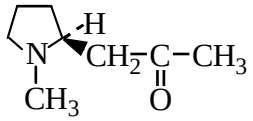
Алкалоїди за хімічними властивостями є біоорганічними сполуками основного характеру, обов'язковим компонентом структури яких є третинний атом нітрогену: N≡. Цей третинний атом нітрогену надає молекулам алкалоїдів основних властивостей, тобто здатності приєднувати йон гідрогену H^+, утворюючи солі

Методи виділення алкалоїдів

Основними методами виділення алкалоїдів-основ з подрібнених рослин є екстракція органічними розчинниками, а солей алкалоїдів – водно-спиртовими розчинами у кислому середовищі, яке створюється здебільшого за допомогою винної кислоти

Алкалоїди групи піролідину

До цієї групи алкалоїдів належить порівняно невелика кількість алкалоїдів похідних піролідину: гігрин, гігролін, карпаїн, кускгігрин, брусонітин С, стахідрин.

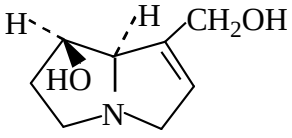


гігрин

Застосування: ефективні антигельмінтні засоби

Алкалоїди групи піролізидину

До цієї поширеної групи алкалоїдів (приблизно 250 представників) належать сполуки з піролізидиновим гетероциклом, який складається з двох сконденсованих піролідинових ядер з одним спільним атомом нітрогену. За хімічною будовою поділяють на три групи: 1) неестерові алкалоїди (геліотридин, ретронецин, платинецин, лабурнін та ін.); 2) естери монокарбонових кислот (геліотрин, сарацин та ін.) 3) макроциклічні діестери (платифілін, сенеціонін та ін.).

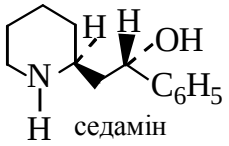


ретронецин

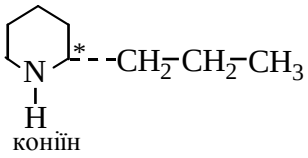
Застосування: платифілін – судинорозширювальний та спазмолітичний засіб

Відносяться алкалоїди групи піперидину, коніїну, лобеліну.

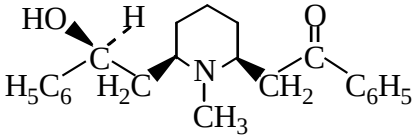
Група піперидинових алкалоїдів: N-метилпіперидин, 2,6-диметилпіперидин, седамін, гіргенсонін та ін.


седамін

Група коніїнових алкалоїдів – оксигенові похідні 2-пропілпіперидину: конііїн, N-метилконііїн, конгідрин, пельт'єрин та ін.


коніїн

Група лобелінових: лобелін, лобеланін, лобеланідин.


(-)-лобелін

Фізіологічна дія: коніїн та конгідрин – сильні отрути, пельт'єрин – глістогонні властивості, лобелін – збуджує дихання, лобеланідин – сильна відхаркувальна дія.

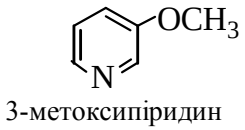
Застосування: лобелін – стимулятор дихання, піперин – у складі чорного перцю, прянощ у кулінарії

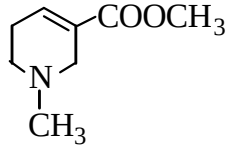
Моноциклічні похідні піперидину

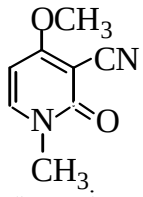
Алкалоїди групи піридину та піперидину

Моноциклічні похідні піридину та тетрагідропіридину

До цієї групи алкалоїдів належать: 3-метоксипіридин, а також сполуки групи ареколіну, рицинін, лейценол та ін.:


3-метоксипіридин

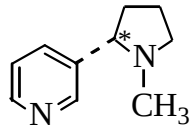

ареколін


рицинін

Фізіологічна дія: ареколін – знижує кровяний тиск, викликає скорочення м'язів.

Застосування: ареколін – у ветеринарії як проносний засіб

До цієї групи алкалоїдів належать сполуки групи нікотину: нікотин, норнікотин, нікотирин, котонін та ін.



(-)-нікотин

Фізіологічна дія: нікотин – сильна отрута. Летальна доза для людини при пероральному введенні становить 50-100 мг. У малих дозах збуджує ЦНС, підвищує кров'яний тиск. При великих дозах спостерігається зупинка дихання, параліч серцевої діяльності, внаслідок чого відносять до токсичних алкалоїдів. При систематичному вживанні нікотину (курінні) виникає стан психічної та фізичної залежності. Летальна доза приблизно 40 мг.

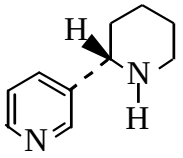
Застосування: у лікувальній практиці нікотин не застосовують, використовують як інсектицид для боротьби із шкідниками сільськогосподарських культур

Біциклічні сполуки з безпосередньо сполученими (неконденсованими) піридиновим та піролідиновим циклами

Алкалоїди групи піридину та піперидину

Бі- та трициклічні сполуки з безпосередньо сполученими (неконденсованими) піридиновим та піролідиновим циклами

До цієї групи алкалоїдів належать сполуки групи анабазину: анабазин, N-метиланабазин, анатабін, нікотелін та ін.

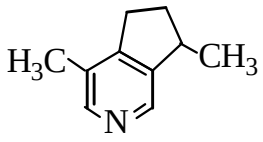


анабазин

Фізіологічна дія: анабазин аналогічний нікотину.

Застосування: анабазин використовують як інсектицид та засіб проти куріння

До цієї групи алкалоїдів належать алкалоїди: генціанін, педикулінін, антинідин та ін. Піридиновий цикл може бути конденсований з іншим п'яти-, шести- або семичленним циклом:



антинідин

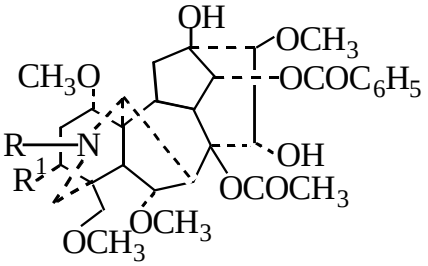
Фізіологічна дія: настій генціаніну збуджує апетит, стимулює діяльність травних залоз

Біциклічні конденсовані похідні піридину

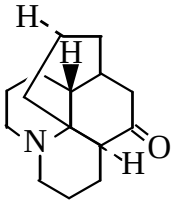
Алкалоїди групи піридину та піперидину

Поліциклічні похідні піперидину

Такі алкалоїди складають дві групи: аконітові алкалоїди та алкалоїди лікоподіума:



аконітин (R = C_2H_5, R^1 = OH)
дельфінін (R = CH_3, R^1 = H)



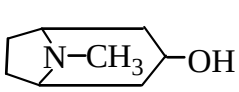
лікоподин

Фізіологічна дія: аконітові алкалоїди виявляють анестезуючу, спазмолітичну, психостимулюючу та протизапальну дію. Алкалоїди лікоподіума збуджують центр дихання, паралізують нервову систему.

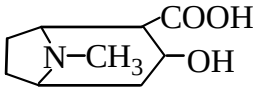
Застосування: аконітові алкалоїди використовують у медицині

Алкалоїди групи тропану

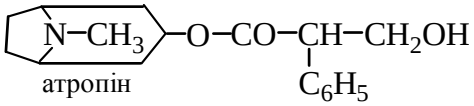
Основа хімічної будови алкалоїдів цієї групи – біциклічна система тропану. Алкалоїди цієї групи складають дві групи – група атропіну та група кокаїну:



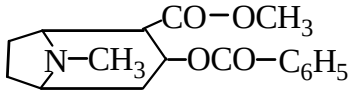
тропін



екгонін



атропін



кокаїн

Фізіологічна дія: атропін – одна з найсільніших отрут, скополамін нагадує атропін, кокаїн – місцевий антисептик, одночасно здатний викликати наркоманію.

Застосування: атропін у малих дозах – спазмолітичний засіб, протиотрута при ураженні організму фосфорорганічними сполуками. Кокаїн у зв'язку із значною токсичністю і здатністю викликати залежність від наркотиків у медичній практиці застосовується тільки в окремих випадках у стоматології та офтальмології для поверхневої анестезії

Алкалоїди групи індолу

Систематизувати індольні алкалоїди (понад 1300 алкалоїдів) дуже важко, так як вони містять ще другий нітрогеновмісний циклічний фрагмент або систему конденсованих циклів. Індольні алкалоїди поділяють на три групи, які відрізняються загальною кількістю циклів

Алкалоїди з трициклічною будовою

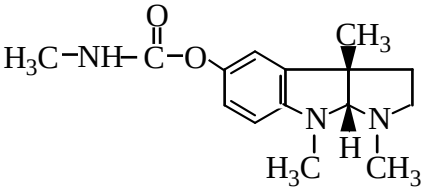
Алкалоїди з тетра- та пентациклічною будовою

Алкалоїди з гептациклічною будовою

Алкалоїди групи індолу

Алкалоїди з трициклічною будовою

До цієї групи відносяться: фізостигмін, гарман, гармін, гармалол, бревіколін та ін.

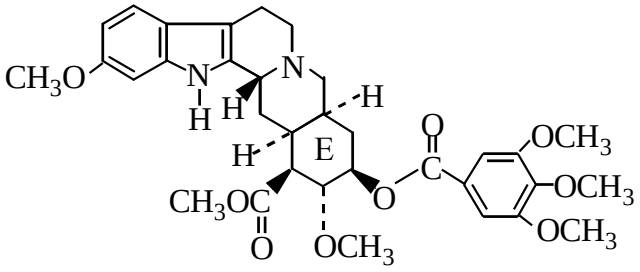


(-)-фізостигмін

Фізіологічна дія: фізостигмін – сильний нервовий токсин, гармін – викликає збудження ЦНС, знижує кров'яний тиск.

Застосування: фізостигмін – при лікуванні глаукоми, парезі кишок, нервово-м'язових захворюваннях

Поділяють на три групи: 1) тетрациклічні з розщепленим циклом Е (коренантеїн, адирубін та ін.); 2) пентациклічні з карбоциклічним циклом Е (резерпін, йохімбін, десерпідин та ін.); 3) пентациклічні з гетероциклічним фрагментом Е (аймаліцин, альстонін, серпентин та ін.).



резерпін

Фізіологічна дія: резерпін – зменшує кров'яний тиск і діє заспокійливо на ЦНС, йохімбін – зменшує кров'яний тиск, у малих дозах збуджує дихання, а великих – викликає його параліч.

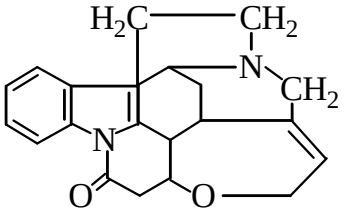
Застосування: резерпін – для лікуванні гіпертонії

Алкалоїди з тетра- та пентациклічною будовою

Алкалоїди групи індолу

Алкалоїди з гептациклічною будовою

До цієї групи належать: стрихнін, бруцин та ін.

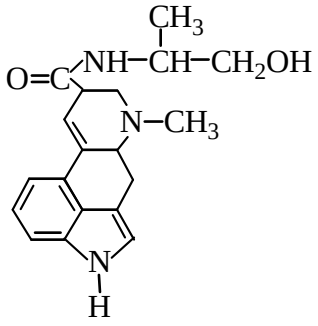


стрихнін

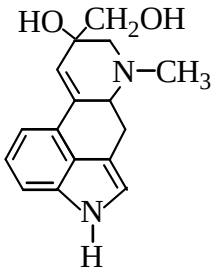
Фізіологічна дія: стрихнін та бруцин – сильна отрута, у малих дозах збуджують ЦНС, тонізуюче впливають на скелетну мускулатуру, у виликих дозах викликають судому. Летальна доза стрихніну для людини становить 0,3 г. Бруцин приблизно у 20 разів менш токсичний, ніж стрихнін.

Застосування: експериментальна фармакологія

Ергоалкалоїди поділяють на дві групи: 1) похідні амідів лізергінової кислоти (ергометрин, пептидні сполуки ерготаміну, ергокристину та ін.); 2) похідні лізерголу або лізергіну (елімоклавін, пеніклавін, циклоклавін та ін.):



ергометрин



пеніклавін

Фізіологічна дія: ерготамін – скорочення мускулатури кровоносних судин, зіниці; діетиламін лізергінової кислоти ($ЛСД_{25}$) – один з найсильніших галюциногенів і належить до небезпечних наркотиків.

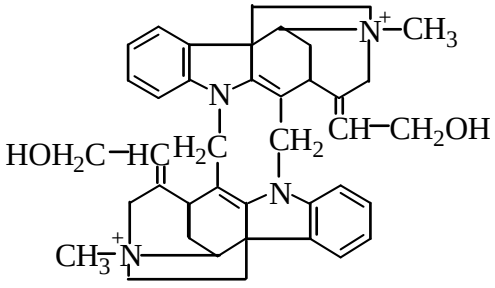
Застосування: ерготамін – при лікуванні гіпертонії, алергії, в гінекології

Ергоалкалоїди

Алкалоїди групи індолу

Поліциклічні сполуки конденсовані іншим чином

Для цих сполук характерне формування циклів трансгулярним шляхом з утворенням в окремих циклах відповідних містків (наприклад, алкалоїди кураре: С-токсиферин-1, С-дегідротоксиферин, С-курарин та ін.):



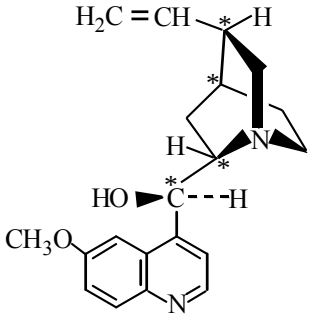
С-токсиферин

Фізіологічна дія: алкалоїди групи кураре – паралізуючі отрути

Алкалоїди групи хіноліну

До цієї групи алкалоїдів відносяться приблизно 300 представників, які поділяються на 5 підгруп: 1) підгрупа хіноліну та хіноліни простої будови; 2) трициклічні терпеноїди; 3) фуранохіноліни; 4) димерні (бісхіноліни); 5) хінні алкалоїди.

Найбільшої уваги з алкалоїдів цієї групи заслуговують сполуки п'ятої підгрупи хінін та цинхонін, виділені з кори хінних дерев:



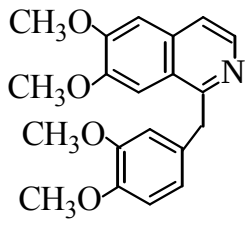
хінін

Фізіологічна дія: стимулює мускулатуру матки.

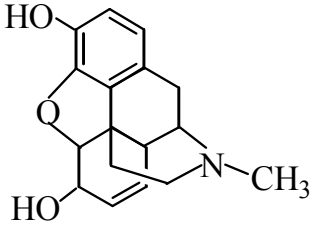
Застосування: хінін – засіб при лікуванні малярії, для посилення пологової діяльності

Алкалоїди групи ізохіноліну

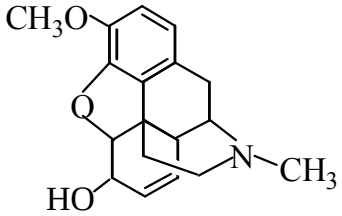
До цієї групи алкалоїдів відносяться приблизно 1000 представників, які поділяються на 15 підгруп: 1) ізохіноліни простої будови (ангаламін); 2) 1-бензилізохіноліни (папаверин); 3) апорфіни (глауцин); 4) проапорфіни (пронуциферин); 5) протоберберини (берберин); 6) бензофенантридини (сангвінарин); 7) павіни (аргемонін); 8) фталідізохіноліни (наркотин); 9) спіробензилізохіноліни (охотенсимін); 10) 2-бензилтетрагідроізохіноліни, 1-феніл- та 4-фенілтетрагідроізохіноліни (лауданосолін, криптостилін I); 11) азофлуорантени (руфесцин); 12) дибензопіроколіни (криптаустолін); 13) трополоізохіноліни (імерубрин); 14) димерні та тримерні основи (талікарпин), 15) фенетилізохінолінові.



папаверин



морфін

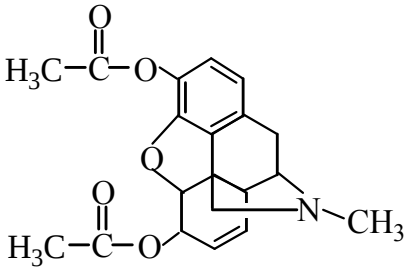


кодеїн

Папаверин та морфін уперше були виділені із опію, де папаверину міститься 0,4-1,5 %, морфіну – 3-18 %, кодеїну – 0,2-6 %. Опій має вигляд висушеного на повітрі молочного соку з надрізів недозрілих головок маку снодійного. Він є одним з найстародавніших лікарських засобів. Опій-сирець – складна суміш більш ніж 25 алкалоїдів, де містяться також вуглеводи, смоли, білки, воски, мінеральні солі, пігменти тощо. Алкалоїди в опії перебувають у вигляді солей, найчастіше молочної, меконової та сульфатної кислот.

Фізіологічна дія: папаверин – спазмалітична та судинорозширювальна дія, морфін, кодеїн – регулюють складні фізіологічні, психологічні та емоційні процеси, що пов'язані з відчуттям болю, задоволення та спокою.

Застосування: морфін – сильний знеболювальний засіб, тривале вживання викликає наркоманію, кодеїн – за фармакологічною дією подібний до морфіну, але його знеболювальна дія приблизно у сім разів менша, ніж морфіну: протикашлевий засіб.

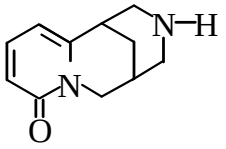


героїн

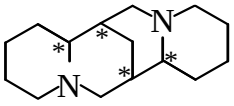
Героїн у природі не зустрічається, один з найпоширеніших наркотиків

Алкалоїди групи хінолізидину

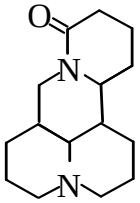
До цієї групи алкалоїдів відносяться приблизно 200 представників, які поділяються на 6 підгруп: 1) лупініну; 2) цитизину; 3) спартеїну; 4) матрину; 5) ормозаніну; 6) 9*b*-азафеналену.



цитизин



спартеїн

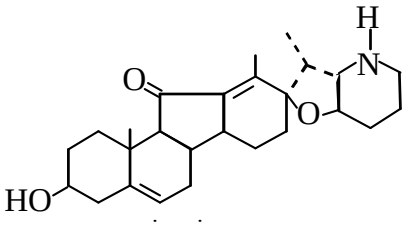


матрин

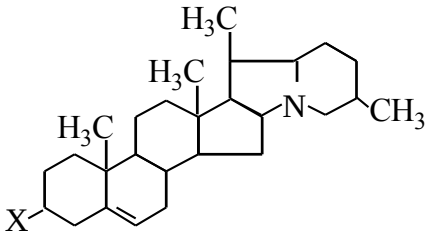
Фізіологічна дія: цитизин – за своїми властивостями подібний до нікотину, але проявляє меншу токсичність

Стероїдні алкалоїди

В залежності від роду рослин стероїдні алкалоїди поділяються на підгрупи чемериці – ієрвінові, пасльону – соланінові, голарену – конесінові.



ієрвін

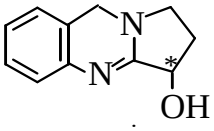


α-соланін

Алкалоїди групи хіназоліну

За хімічною будовою хіназолінового ядра алкалоїди поділяють на підгрупи: хіназоліну, хіназолону, хіназоліндіону, трициклічних хіназолінів.

Найвідомішій – пеганін:

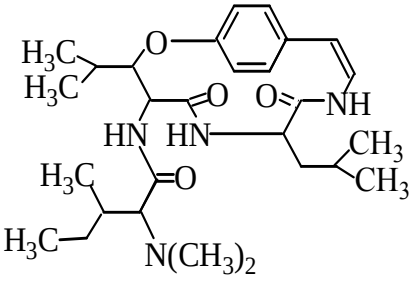


пеганін

Застосування: заспокійливій та антималярийний засіб

Пептидні алкалоїди

До структури фурангуланіна входять фрагменти етеру, утвореного *n*-гідроксистириламіном та *β*-гідроксилейцином. Крім останнього, до складу фурангуланіну та його гомологів входять амінокислоти: ізолейцин, фенілаланін, фенілсерин.

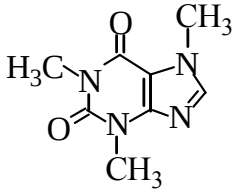


фурангуланін

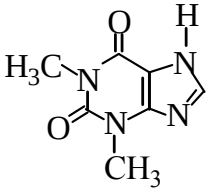
Застосування: переважно проти дизентерії

Алкалоїди групи пурину

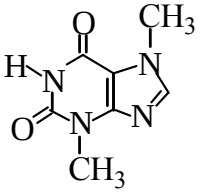
До найважливіших представників пуринових алкалоїдів належать кофеїн, теобромін, теофілін, тригонелін, ксантин та ін.



кофеїн



теофелін

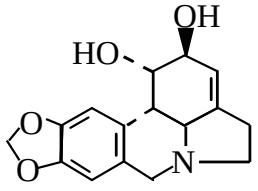


теобромін

Фізіологічна дія: кофеїн – збуджуюча дія на ЦНС, сечогінна дія; теобромін та теофілін – сечогінна дія та стимулююча дія серцево-судинної системи

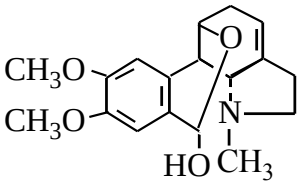
Амарилисові алкалоїди

Залежно від хімічної будови поділяють на підгрупи лікорину, криніну, лікореніну, галантаміну, тацетину, монтаніну.



лікорин

кринін

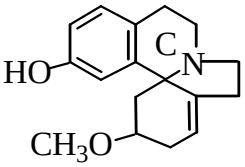


лікоренін

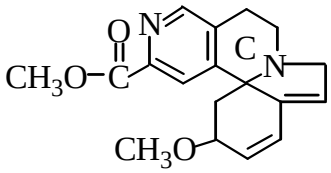
Застосування: лікорин – блювотний та відхаркувальний засіб, галантамін – анальгетична та снодійна активність, тацетин – протипухлинна дія

Еритринові (спіроамінові) алкалоїди

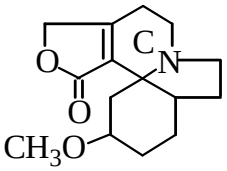
Залежно від розміру циклу С поділяють на еритринові та гомоеритринові.



кокулін



еримелантин

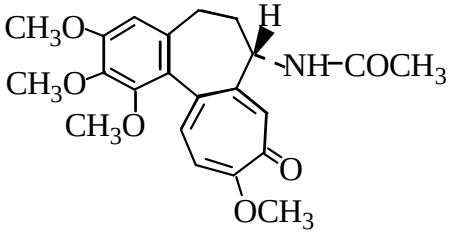


кокулолідин

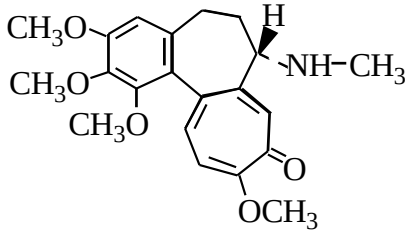
Фізіологічна дія: спазмолітична, седативна, гіпотензивна і кураreподібна дія

Трополонові (колхіцинові) алкалоїди

Основа хімічної будови – трополонова трициклічна система:



колхіцин



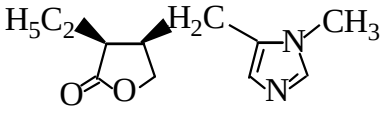
колхамін

Фізіологічна дія: колхіцин – сильна отрута і діє навіть через шкіру, викликає збудження, потім параліч ЦНС, знижує больову чутливість.

Застосування: колхіцин – при лікуванні подагри, в селекції рослин як сильний мутаген; колхамін – протипухлинний засіб

Алкалоїди групи імідазолу

Найбільш важливі: пілокарпін та ізопілокарпін:



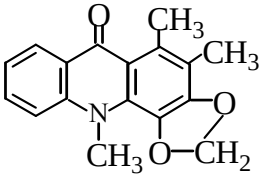
пілокарпін

Фізіологічна дія: пілокарпін – антагоніст атропіну, виявляє міотичні властивості.

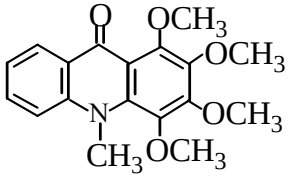
Застосування: пілокарпін – для звуження зіниці при лікуванні глаукоми, при тромбозі центральної вени сітківки, атрофії зорового нерва

Алкалоїди групи акридону

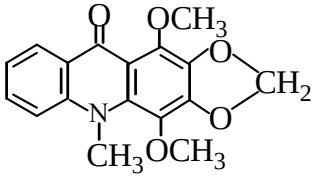
До цієї групи відносяться: мелікопін, мелікопіцин, мелікопідин та ін.:



мелікопін



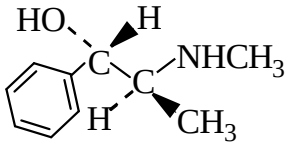
мелікопіцин



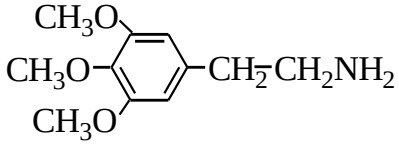
мелікопідин

Ароматичні алкалоїди

Похідні фенетиламінів: N-метилтирамін, горденін, макромерин, ефедрин, мескалін, дамасцеїн:



ефедрин

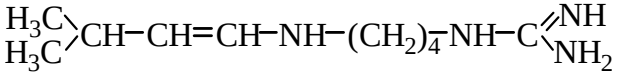


мескалін

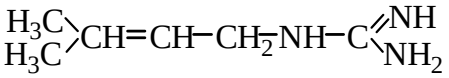
Застосування: ефедрин – антиспазматичний засіб при бронхіальній астмі

Аліфатичні алкалоїди

Алкалоїди з ациклічною будовою: сферозин, галегін та ін.:



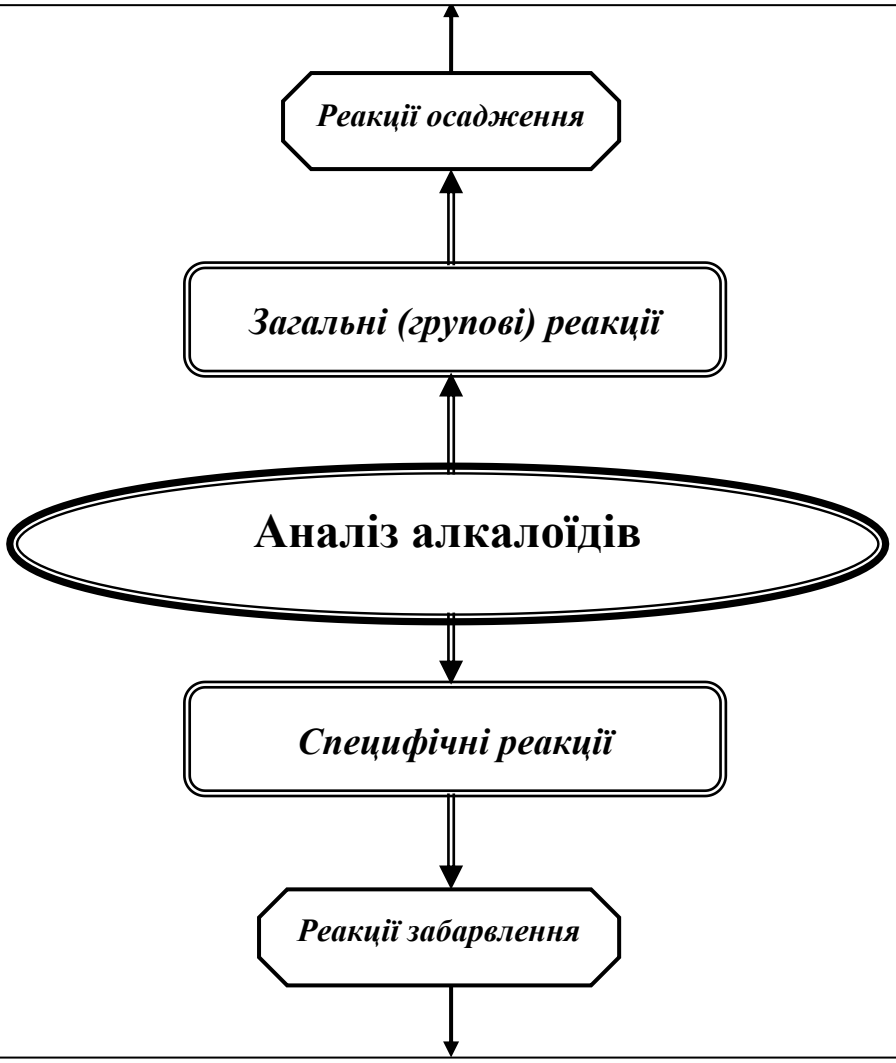
сферофізин



галегін

Застосування: сферозин – для стимуляції м'язів, при лікуванні гіпертонії

Реакції осадження ґрунтуються на здатності алкалоїдів утворювати прості та комплексні солі, нерозчинні у воді, з певними реактивами: а) реактиви Вагнера, Люголя, Бушарда; б) реактив Майєра; в) реактив Драгендорфа; г) реактив Зонненштейна; е) реактив Шейблера; ж) розчин таніну та пікринової кислоти



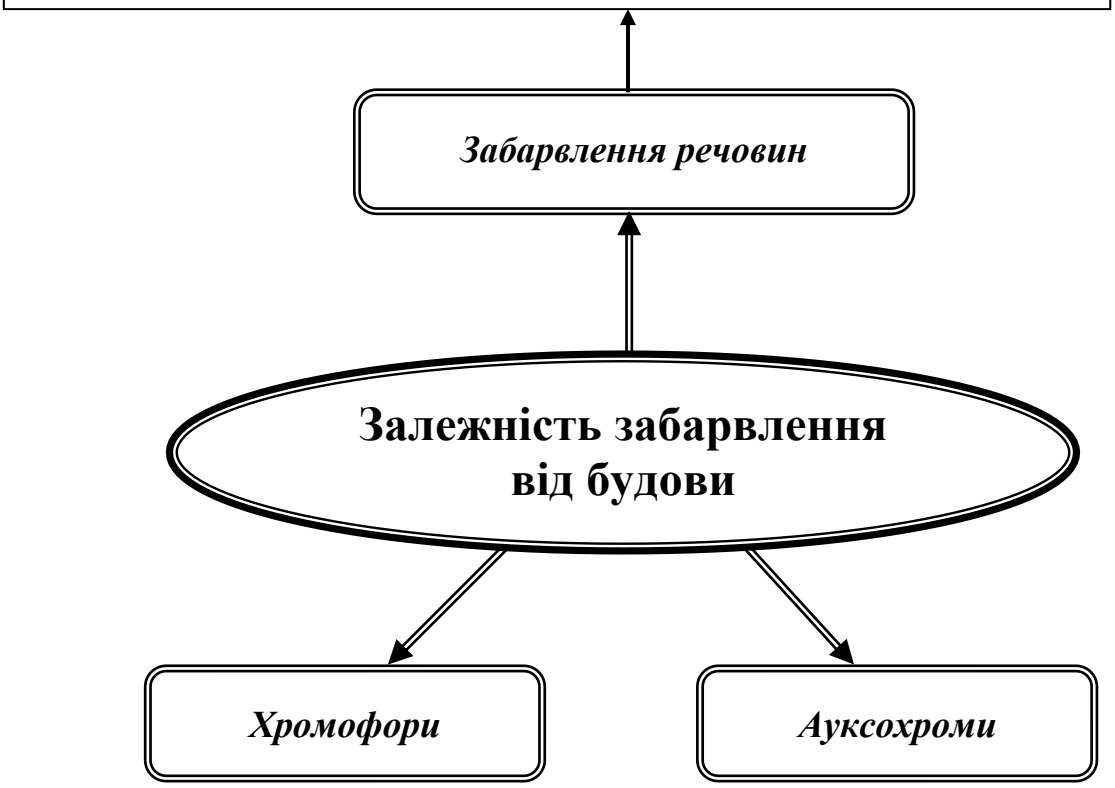
Реакції забарвлення є специфічними для окремих алкалоїдів або їх груп. Більшість цих реакцій ґрунтуються на дегідратації або окисненні алкалоїду чи його конденсації з альдегідами.

Реагенти: а) концентровані нітратна та сульфатна кислоти; б) суміш нітратної та сульфатної кислот (реактив Ердмана); в) суміш концентрованої сульфатної кислоти та молібден триоксиду (реактив Фреде); г) суміш концентрованої сульфатної кислоти та формальдегіду (реактив Маркі)

І період
Застосування барвників мінерального, рослинного або тваринного походження, починаючи з появи людини і до 1852 р.
ІІ період
Застосування синтетичних барвників почалося з відкриття мовеїну. Виробництво анілінових барвників – перше промислове виробництво органічних сполук. Початок розвитку хімічної індустрії
Періоди розвитку фарбування
Залежність забарвлення від будови
Барвники
(забарвлені речовини, що використовують для надання кольору різним матеріалам та виробам)
Класифікація
За хімічними реакціями або процесами адсорбції, на яких ґрунтуються методи фарбування
За хімічною будовою

Видима частина спектру електромагнітного випромінювання охоплює область з довжиною хвилі від 400 до 750 нм. Біле світло містить випромінювання усіх довжин хвиль цієї спектральної області. Якщо речовина повністю пропускає або відбиває промені видимої частини спектру, вона здається безбарвною або білою. Це спостерігається для більшості органічних речовин. Якщо усі промені видимої частини спектру поглинаються повністю, то речовина здається чорною. У тих випадках, коли сполука адсорбує майже все біле світло і відбиває тільки у невеликій спектральній області, наприклад 595-605 нм, вона здається забарвленою і має колір відбитих речовиною світлових хвиль. У наведеному прикладі сполука буде здаватися оранжевою.

Забарвлення більшості сполук обумовлено поглинанням в двох або більше областей видимої частини спектру, причому інтенсивність смуг поглинання у більшості випадків різна. В результаті цього з'являється різноманітність відтінків забарвлення (Кіпріанов А.І.)



Залежність забарвлення від будови

Хромофори

Забарвлення певної органічної речовини залежить від її будови. Речовини, молекули яких містять тільки прості зв'язки або прості зв'язки в комбінації з ізольованими кратними зв'язками, майже завжди безбарвні. Виключення – нітрозоалкани.

Кожний ізольований кратний зв'язок, як правило, викликає появу однієї або декількох смуг поглинання в області 150-300 нм. Зв'язок C=C λ_{max}=175 нм, зв'язок C=O λ_{max}=190 нм та 280 нм.

Групи, що викликають поглинання, називають *хромофорами* (носій кольору).

Якщо хромофор містить гетероатом, то має значення не тільки різниця між енергіями вищих зайнятих молекулярних орбіталей (ВЗМО) та нижчих вільних молекулярних орбіталей (НВМО), але і енергія атомних орбіталей, на яких розташовані *n*-електрони (рис.).

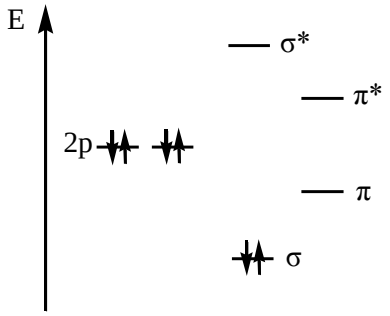


Рис. Основний стан карбонільної групи

Відповідні різниці енергій визначають λ_{max} для смуг поглинання в УФ-областях, які називаються *переходом електронів*:

$$n\rightarrow\pi^* < \pi\rightarrow\pi^* < n\rightarrow\sigma^* < \sigma\rightarrow\sigma^*$$

Найбільша довгохвильова смуга поглинання в УФ-області відповідає $n\rightarrow\pi^*$ переходу. Потім йдуть смуги поглинання, що відповідають $\pi\rightarrow\pi^*$ переходу та $n\rightarrow\sigma^*$ переходу. Смуга поглинання, що відповідає $\sigma\rightarrow\sigma^*$ переходу знаходиться в далекій УФ-області. Прості σ-зв'язки не являються хромофорами

Залежність забарвлення від будови

Хромофори

Головним структурним фактором, що викликає появу забарвлення органічних сполук, є наявність спряженої системи двох або більше хромофорів.

Наприклад, максимум поглинання для дифенілполієнів (C_6H_5–$(CH=CH)_n$–C_6H_5) зі спряженою системою, для якої зростає довжина, зміщується в довгохвильову область, максимум поглинання дифенілоктатетраєну (n=4) знаходиться у видимій частині спектру, λ_{max}=404 нм і означає, що ця сполука поглинає синій колір і забарвлена у жовтий колір.

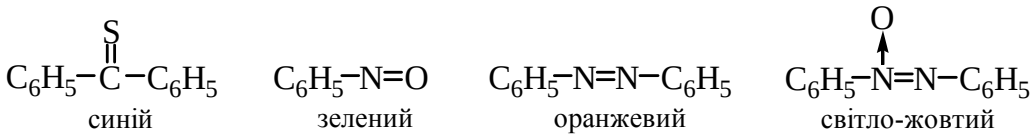
Чим більше спряжена система зв'язків, тим меншою для неї є різниця в енергіях між ВЗМО та НВМО.

	Дифенілполієни							
	етен	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	n=6	n=7
λ (нм)	175	319	352	377	404	424	445	465

Зміщення абсорбційного максимуму у довгохвильову область називають *батохромним ефектом*.

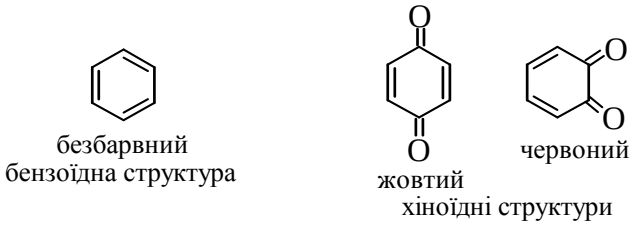
У видимій частині спектру дія батохромного ефекту викликає поглиблення кольору від жовтого до червоного і далі від синього до зеленого. Спряження, що посилюється, відповідно, викликає батохромний ефект.

Подвійний зв'язок C=C є відносно слабким хромофором. Він викликає тільки незначний батохромний ефект. Сильними хромофорами є тіокарбонільна, нітрозо-, азо- і азоксигрупи:



Подвійний зв'язок C=O, завдяки наявності довгохвильовому n→π* переходу, є більш сильним хромофором, ніж зв'язок C=C:

Хіноїдні структури розглядаються теж як хромофори:



Залежність забарвлення від будови

Ауксохроми

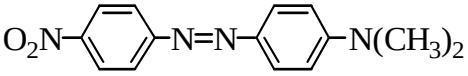
Замісники, які самі не являються хромофорами, також можуть викликати батохромний ефект, який зменшується в ряду:

$$NR_2 > NHR > NH_2 > OH > Hal > OCH_3$$

Ці замісники називають *ауксохромами* (підсилювачі кольору).

жовтий

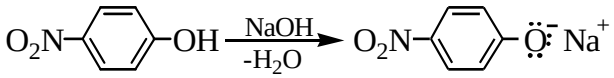
оранжевий



червоний

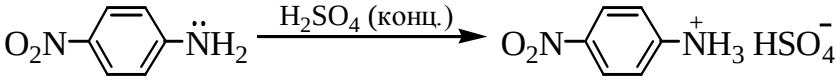
Ауксохроми звичайно є замісниками з +*M*-ефектом. Участь відповідних полярних гранічних структур в основному мезомерному стані сприяє поглибленню забарвлення.

Батохромний ефект OH-групи у процесі солеутворення ще більше посилюється:



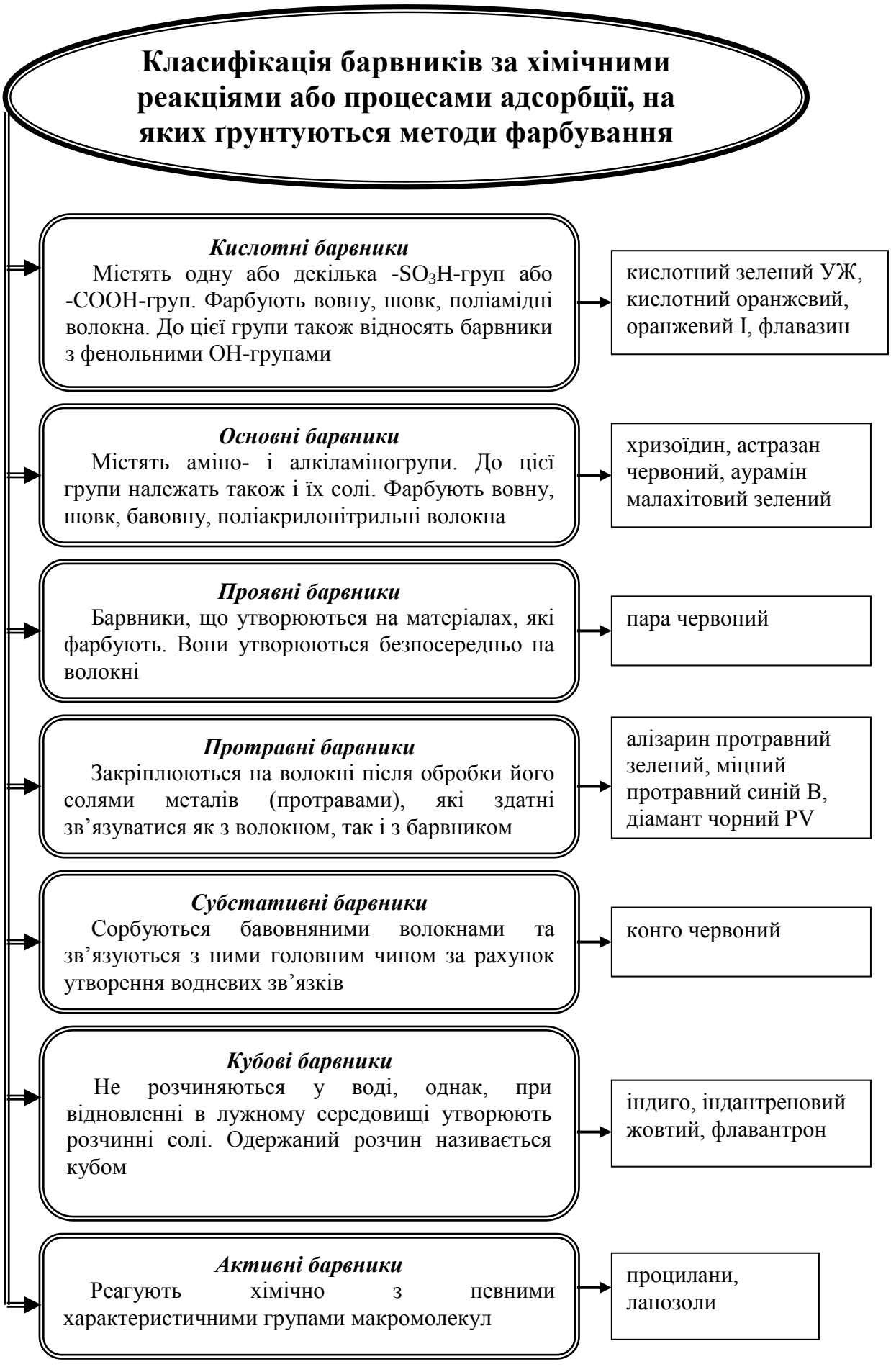
світло-жовтий — жовтий

Батохромний ефект NH_2-групи, навпаки, в результаті солеутворення зменшується, так як чотирьохвалентний нітроген не володіє +*M*-ефектом:



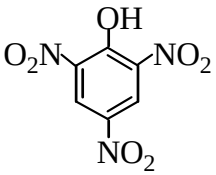
жовтий — безбарвний

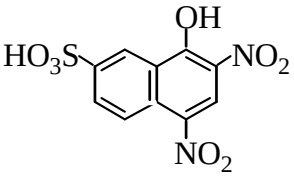
В цьому випадку солеутворення викликає *гіпсохромний ефект*

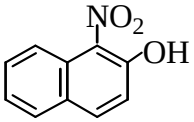

Класифікація барвників за хімічними реакціями або процесами адсорбції, на яких ґрунтуються методи фарбування
Кислотні барвники
Містять одну або декілька -SO3H-груп або -СООН-груп. Фарбують вовну, шовк, поліамідні волокна. До цієї групи також відносять барвники з фенольними ОН-групами
кислотний зелений УЖ, кислотний оранжевий, оранжевий І, флавазин
Основні барвники
Містять аміно- і алкіламіногрупи. До цієї групи належать також і їх солі. Фарбують вовну, шовк, бавовну, поліакрилонітрильні волокна
хризоїдин, астразан червоний, аурамін малахітовий зелений
Проявні барвники
Барвники, що утворюються на матеріалах, які фарбують. Вони утворюються безпосередньо на волокні
пара червоний
Протравні барвники
Закріплюються на волокні після обробки його солями металів (протравами), які здатні зв'язуватися як з волокном, так і з барвником
алізарин протравний зелений, міцний протравний синій В, діамант чорний PV
Субстативні барвники
Сорбуються бавовняними волокнами та зв'язуються з ними головним чином за рахунок утворення водневих зв'язків
конго червоний
Кубові барвники
Не розчиняються у воді, однак, при відновленні в лужному середовищі утворюють розчинні солі. Одержаний розчин називається кубом
індиго, індантреновий жовтий, флавантрон
Активні барвники
Реагують хімічно з певними характеристичними групами макромолекул
процилани, ланозоли

Ди- і триарилметанові барвники
Акридинові барвники
Нітро- та нітрозобарвники
Азобарвники
Ксантенові барвники
Класифікація барвників за хімічною будовою
Феноксизинові, фентазинові та феназинові барвники
Індигоїдні барвники
Антрахінонові барвники
Сірчисті барвники
Метинові барвники

Містять як хромофор нітро- та нітрозогрупи:


пікринова кислота


нафтоловий жовтий


протравний зелений

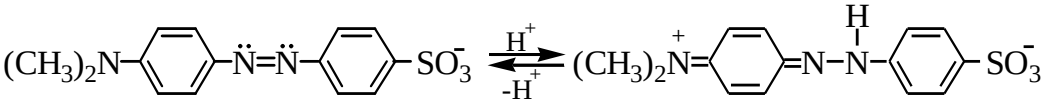
Нітро- та нітрозобарвники

Класифікація барвників за хімічною будовою

Азобарвники

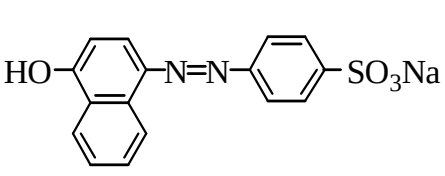
Містять як хромофор азогрупу. Одержують реакцією азосполучення. Як азоскладову використовують ароматичні аміни, феноли, еноли. Аміни сполучають в слабкокислому, а феноли – в слабколужному середовищі. Сполучення звичайно відбувається в *пара*-положення до активуючої аміно- або гідроксигрупи. Якщо *пара*-положення зайнято, заміщення відбувається в *орто*-положення.

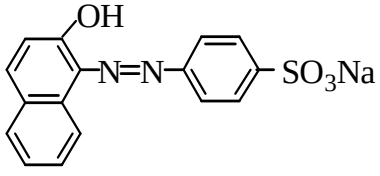
Забарвлення деяких барвників залежить від pH середовища, тобто вони є індикаторами, наприклад, метиловий оранжевий (метилоранж):


жовтий — червоний

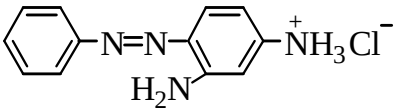
Протонування веде до виникнення хіноїдної структури. Це викликає батохромний ефект при солеутворенні.

Велике значення мають кислотні азобарвники. Наприклад:


оранжевий I


стійкий червоний А

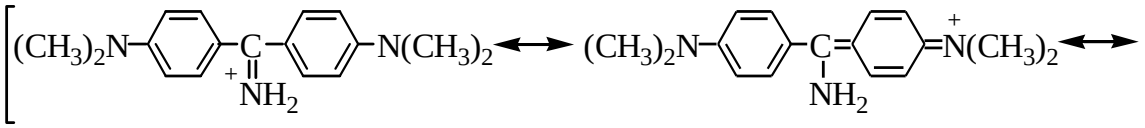
Основні азобарвники мають менше значення. Наприклад:


хризоїдин (оранжевий)

Це похідні ди- або трифенілметанів.

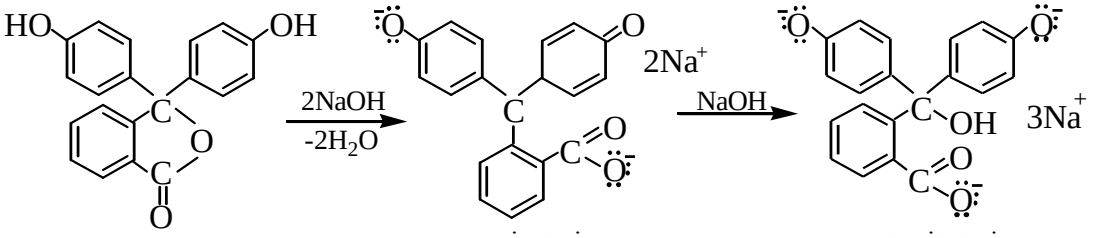
Групи: -OH, $-NH_2$, $-NR_2$, які знаходяться в *n*-положенні, полегшують виникнення хіноїдного хромофору. Представники: аурамін, фенолфталеїн, малахітовий зелений, фуксин.

Аурамін



жовтий

Фенолфталеїн утворює солі з лужними металами, які забарвлені в червоний колір:



фенолфталеїн (безбарвний)

динатрієва сіль фенолфталеїну (червона)

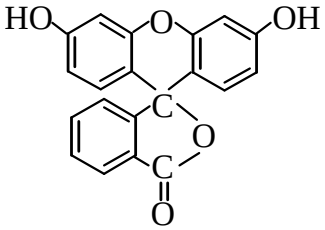
тринатрієва сіль фенолфталеїну (безбарвна)

Ди- і триарилметанові барвники

Класифікація барвників за хімічною будовою

Ксантенові барвники

В основі будови – гетероциклічна система ксантену:

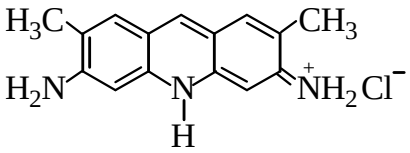


флуоресцеїн (червоний)

Класифікація барвників за хімічною будовою

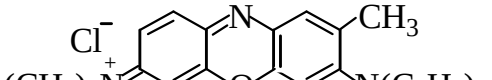
Акридинові барвники

Амінопохідні акридину:

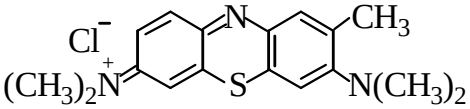


основний жовтий К

Феноксизинові, фентазинові та феназинові барвники



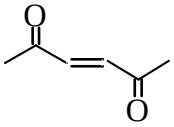
капрі синій

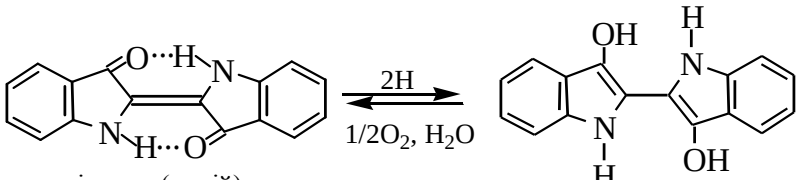


метиленовий блакитний

Індигоїдні барвники

Барвники цього класу знаходяться у структурному зв'язку з індиго. Містять наступну комбінацію хромофорів:





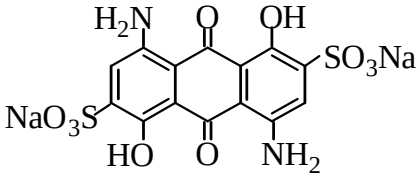
індиго (синій)

індиго (білий)
безбарвний

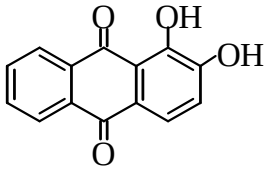
Класифікація барвників за хімічною будовою

Антрахінонові барвники

Похідні антрахінону або інших хінонів. Містять хіноїдний хромофор, але не утворюють забарвлених солей:



кислотний синій антрахіноновий 3

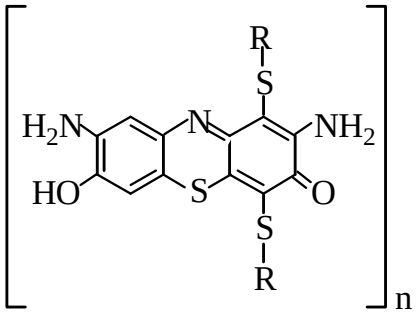


1,2-діоксиантрахінон (алізарин)

Алізарин – класичний протравний барвник. Утворює червоні кристали, які розчиняються в розчинах лугів з пурпурово-червоним забарвленням

Сірчисті барвники

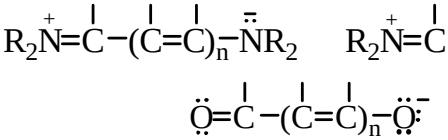
Одержують нагріванням відносно простих ароматичних сполук з натрій полісульфідом. Містять залишки гетероциклічних сполук, які зв'язані між собою містками з атомів сульфуру:



сірчистий чорний

Метинові барвники

Містять спряжену систему подвійних зв'язків, на кінцях якої знаходяться атоми нітрогену або оксигену. Мають значення три типи метинових барвників наступної будови:



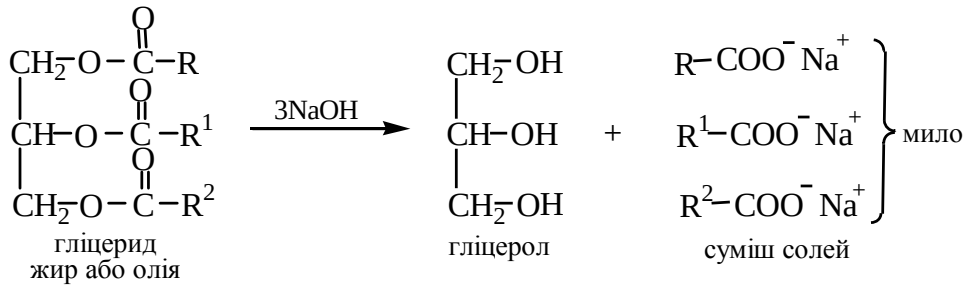
аніоноактивні
катіоноактивні
неіоногенні
амфолітні
Класифікація в залежності від знака заряду гідрофільної групи
Поверхнево активні речовини (ПАР)
(речовини, які містять гідрофобний вуглеводневий залишок і гідрофільне угрупування та здатні знижувати поверхневий натяг рідин, в особливості води)
Застосування
Виробництво мийних засобів, засобів для чистки посуду
Емульгатори, деемульгатори, солюбілізатори, інгібітори корозії, флотаційні агенти

Мила
натрієві або калієві солі вищих аліфатичних монокарбонових кислот
Алкілсульфати
натрієві солі алкілсульфатних кислот
Аніоноактивні ПАР
(як структурний елемент містять групи:
-COO⁻ або -SO3⁻)
Алкансульфонати
натрієві солі алкансульфонових кислот
Алкілбензенсульфонати
натрієві солі алкілбензенсульфонових кислот

Вихідні речовини: малоцінні рослинні або тваринні жири та олії, синтетичні жирні кислоти з довжиною карбонового ланцюга C_{12}-C_{18}, які одержують окисненням вуглеводнів.

Реагент: NaOH (надл.)

Умови: нагрівання.



Реагент: перегріта водяна пара.

Умови: нагрівання (170 ºС), kat (CaO чи ZnO)

Одержання

Аніонактивні ПАР → **Мила**

Принцип дії

Мила та інші ПАР у воді при концентрації, яка перевищує так звану критичну концентрацію, утворюють колоїдні розчини. При цьому молекули мила частково існують у формі асоціативних колоїдів, які називаються міцелами. В міцелах гідрофобні вуглеводневі залишки направлені усередину, в той час як гідрофільні групи зв'язані з поверхнею міцели, тобто повернуті до оточуючої води. За рахунок селективної адсорбції частинки жиру та бруду входять у міцели, в результаті чого змочуються водою, диспергуються та відмиваються.

Мила чутливі до йонів, які обумовлюють жорсткість води та до солей важких металів, з якими мила утворюють важкорозчинні солі

Аніонактивні ПАР

Алкілсульфати

Натрієві солі алкілсульфатних кислот, які містять від 10 до 18 атомів карбону

Первинні алкілсульфати

$R{-}CH_2{-}OSO_3Na$

$R = C_{13}H_{27}$

Одержання

Вихідні речовини: відповідні алкан-1-оли (жирні спирти).

Реагент: 1. H_2SO_4; SO_3; $ClSO_3H$. 2. NaOH.

$$R{-}CH_2{-}OH \xrightarrow[-H_2O]{H_2SO_4} R{-}CH_2{-}OSO_3H \xrightarrow[-H_2O]{NaOH} R{-}CH_2{-}OSO_3Na$$

Вторинні алкілсульфати

$$\begin{matrix} R^1 \\ R \end{matrix}\!\!>\!CH{-}OSO_3Na$$

$R = C_{12}H_{25}$, $R^1 = CH_3$

Одержання

Вихідні речовини: алк-1-ени.

Реагент: 1. H_2SO_4. 2. NaOH.

$$R{-}CH{=}CH_2 \xrightarrow{H_2SO_4} \begin{matrix} H_3C \\ R \end{matrix}\!\!>\!CH{-}OSO_3H \xrightarrow[-H_2O]{NaOH} \begin{matrix} H_3C \\ R \end{matrix}\!\!>\!CH{-}OSO_3Na$$

Алкансульфонати

Натрієві солі алкансульфокислот, які містять від 10 до 18 атомів карбону:

$CH_3{-}(CH_2)_n{-}SO_3Na$

n = 9-17

Одержання

Вихідні речовини: алкани.

Реагент: 1. $SO_2 + O_2$; $SO_2 + Cl_2$. 2. NaOH.

$$CH_3{-}(CH_2)_n{-}H \xrightarrow{SO_2+O_2} CH_3{-}(CH_2)_n{-}SO_3H \xrightarrow[-H_2O]{NaOH} CH_3{-}(CH_2)_n{-}SO_3Na$$

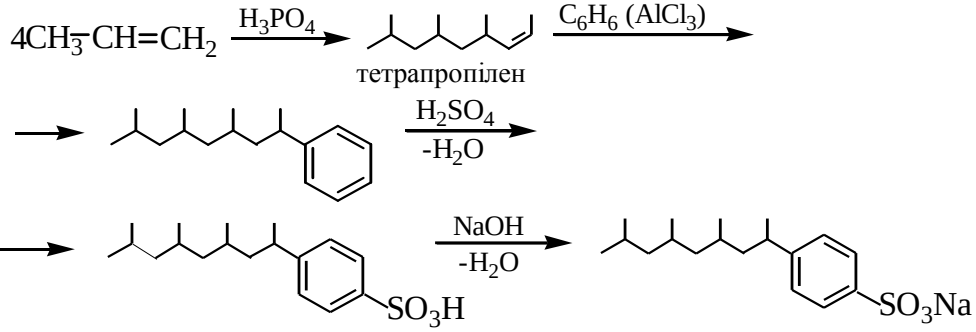
Аніонактивні ПАР

Алкілбензенсульфонати

Одержання

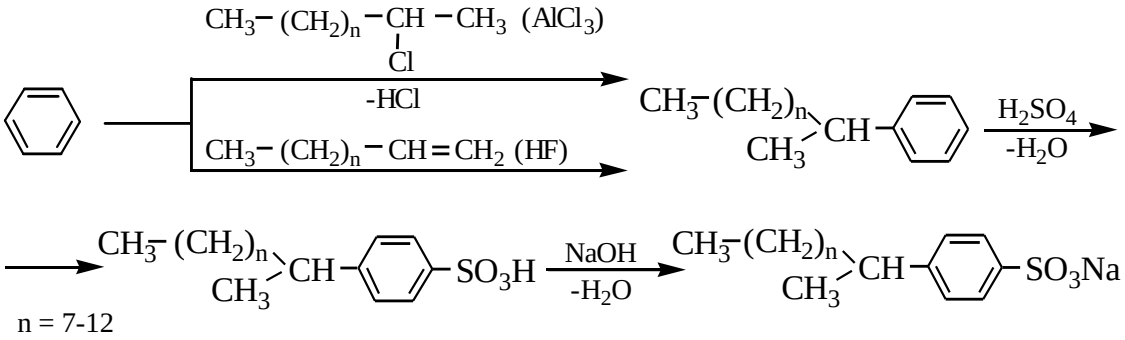
1. Вихідна речовина: бензен.

Реагент: 1. Тетрапропілен. 2. H_2SO_4. 3. NaOH.



2. Вихідна речовина: бензен.

Реагент: 1. Алкени або хлороалкани. 2. H_2SO_4. 3. NaOH.

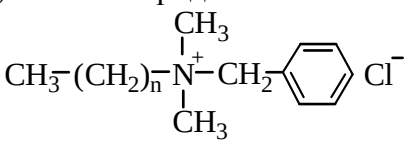


n = 7-12

ПАР

Катіоноактивні

Містять як гідрофільні структурні елементи позитивно заряджені групи $-NH_3^+$ або $-NR_3^+$. До них належать деякі триалкіл(арилалкіл)амоній хлориди:



Використання: флотаційні агенти, дезинфікуючі препарати

Неіоногенні

Одержання

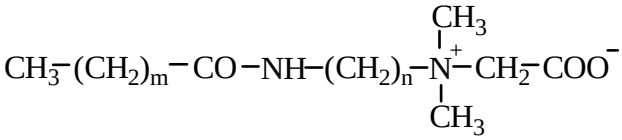
Вихідна речовина: вищі первинні або вторинні спирти.
Реагент: окис етилену.

ди(поліетиленгліколевий) етер

Використання: як компоненти різних мийних засобів

Амфолітні

Одночасно містять як катіонні, так і аніонні групи:



Використання: переважно для виготовлення шампуней для волосся та дитячих мийних засобів

Склад мийних засобів

Сучасні мийні засоби крім поверхнево-активних речовин містять також і інші компоненти, які сприятливо діють на загальний результат.

Типові рецептури СМЗ за даними Groups/ESA на 2000 р. (масова частка, %)

Компонент	Виробники				
	Європейські країни	США	Японія	Країни Азії та Латинської Америки	Росія
ПАР					
Алкілбензенсульфат	4-12	4-20	8-25	4-30	6-15
Алкілсульфат	0-12	0-11	0-5	-	-
Етоксилат оксоспирту	5-10	2-5	2-8	0,1-12	0-5*
Алкілнонілфеноли	-	-	-	-	0-5
Мило C_{20}-C_{22} або силікони	1-3	0-0,5	1-12	0-4	0-3
Комплексоутворювачі (наповнювачі)					
Цеоліт 4А або Р	20-35	10-35	10-25	5-25	0-20*
Натрій триполіфосфат	-	-	-	10-23	10-35
Натрій карбонат	5-20	10-35	10-28	7-45	5-30
Вибілююча система					
Натрій перборат	10-15	0-6	3-4	1-10	10-15
Натрій перкарбонат	12-20	Данні відсутні	3-4	1-10	10-15
ТАЕД (тетраацетил-етилендіамін)	2-7	0-3	1-3	0,1-2,5	0-5*
Оптичні відбілювачі	0,1-0,3	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,1-0,3
Силікати					
Натрій силікат (рідкий)	0-10	1-15	0-16	2-20	2-8
Шаровий силікат	0-15	-	19	-	-
Полімери					
Натрієва сіль карбокси-метилцелюлози	1	0-4	0,5	0-0,5	0,5-1
Полікарбоксилат	1-4	1-6	1-5	0,3-0,5	0-3*
Полівінілпіролідон	0,2-1	0,2-1	Данні відсутні	Данні відсутні	0-1*
Ферменти (протеаза, амілаза, ліпаза, целюлаза)	0,3-1,5	<1	<1	<1	0-1,5
Віддушка	0,1-0,5	0,1-0,5	0,1-0,5	0,1-0,3	0,1-0,3
Натрій сульфат	2-7	Данні відсутні	Данні відсутні	Данні відсутні	10-50

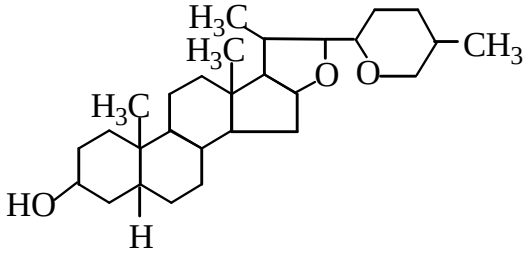
Склад сучасних мийних засобів

Склад фосфатовмісних мийних засобів:

Компонент	Приклад	Вміст, %
ПАР	алкілбензенсульфанати	15-20
комплексоутворювачі	пентанатрій трифосфат	35-45
вибілювачі	натрій перборат	25-35
оптичні вибілювачі	заміщені стильбени	0,1-0,3
інгібітори посіріння	метоксикарбонілцелюлоза	0,5-2,0
інгібітори піноутворення	триалкілмеламіни	2,0-3,0

Природні ПАР

До цієї групи речовин відносяться сапоніни. В них гідрофобна частина молекули має вуглеводневий залишок, а гідрофільна – вуглеводне угрупування. Сапоніни широко розповсюджені у рослинах. Це отруйні глікозиди, які мають поверхнево-активні властивості. Аглікони називають сапогенінами і відносять до стероїдів:



Іменний покажчик

Альдер Курт (Alder K.) (1902-1958) – німецький хімік-органік; вивчав азодикарбоновий синтез разом з Дільсом, відкрив єн-синтез – приєднання до дієнофілу олефінів. Лауреат Нобелівської премії 1950 року. (83, 185, 190, 584, 590)

Арбузов Олександр Єрмінінгельдович (1877-1968) – російський, радянський хімік-органік; розкрив теорію хімічної будови Бутлерова стосовно фосфороорганічних сполук, відкрив каталітичну реакцію перегрупування фосфористої кислоти (перегрупування Арбузова), вивчав таутомерію, каталіз. Академік АН СРСР, двічі Лауреат Державної премії СРСР. Учень О.М. Зайцева. (812, 813)

Байєр Адольф (Baeyer A.) (1835-1917) – німецький хімік; синтезував індиго, дослідив реакції конденсації, вивчав піролові та піридинові основи сполук групи сечової кислоти, досліджував алкіни, висунув гіпотезу, що пояснює відносну тривкість циклічних сполук (“теорія напруження”). Лауреат Нобелівської премії 1905 року. (13, 166, 214)

Бауман Ейген (Baumann E.) (1846-1896) – німецький хімік-органік; відкрив реакцію ацилювання спиртів хлорангідридами, експериментально встановив формулу цистіну, одержав тетронал і тріонал, виявив йод у складі щитовидної залози. (693)

Бейльштейн Федір Федоровіч (Фрідріх Конрад) (1838-1906) – російський хімік-органік, академік Петербурзької АН; досліджував хімію ароматичних сполук, у 1872 р. запропонував реакцію відкриття галогенів в органічних сполуках. (113, 331)

Бергіус Фрідріх (Bergius F.) (1884-1949) – німецький хімік, учень Ганса; основні роботи присвячені хімії високих тисків та хімії деревини, розробив метод синтезу рідкого моторного пального каталітичним гідруванням при високому тиску і температурі суміші з вугілля, смолоподібних залишків виробництва коксу і генераторного газу, запропонував гідроліз целюлози з використанням хлоридної кислоти, одержав гідролізатний спирт і кормовий цукор з деревини. Лауреат Нобелівської премії 1931 року. (145)

Берцеліус Йонс Якоб (Berzelius J.) (1779-1848) – шведський хімік; наукові дослідження охоплюють головні проблеми хімії першої половини дев’ятнадцятого сторіччя. (13)

Біо Жан Батист (Biot J.) (1774-1862) – французький фізик, сучасник Гей-Люссака, іноземний член Петербурзької АН (1816 р.).

Блан Гюстав Луі (Blan G.L.) (1872-1927) – французький хімік; основні роботи присвячені хімії терпенів, аліфатичних і гідроароматичних сполук, разом з Л. Буво відкрив реакцію одержання первинних спиртів з естерів, встановив правило згідно якого під дією оцтового ангідриду 1,4- та 1,5-дикарбонові кислоти перетворюються в кетони, а 1,2- та 1,3-дикарбонові кислоти перетворюються в ангідриди, відкрив метод хлорометилювання ароматичних вуглеводнів (реакція Блана). (356, 372)

Бренстед Йоханнес Ніколаус (Brönstedt J.N.) (1879-1947) – датський фізико-хімік; основні роботи присвячені хімічній кінетиці, каталізу та термодинаміці розчинів, сформулював основні положення теорії кислот і основ. (84)

Буво Луі (Bouveault L.) (1864-1909) – французький хімік-органік; розробив методи синтезу альдегідів дією дизаміщених формамідів на реактив Гріньяра (реакція Буво), карбонових кислот гідролізом амідів (реакція Буво), разом з Г.Л. Бланом відкрив реакцію одержання первиних спиртів відновленням естерів металевим

натрієм в етиловому спирті (відновлення за Буво-Бланом), синтезував ізолейцин. (356, 372)

Бутлеров Олександр Михайлович (1828-1886) – російський хімік; академік Петербурзької АН; засновник теорії будови органічних сполук, передбачив ізомерію багатьох сполук, синтезував метиленіодид, діацетат метилену, уротропін, цукристу речовину метиленітан, синтезував і встановив будову третинного бутилового спирту, ізобутану та ізобутилену, з'ясував структуру ряду етиленових вуглеводнів та здійснив їх полімеризацію, показав можливість зворотної ізомеризації. Вивчав історію хімії і написав "Введение к полному изучению органической химии". Створив школу російських хіміків. Голова Відділення хімії Російського фізико-хімічного товариства. (13, 20, 933)

Вагнер Єгор Єгорович (1849-1903) – російський хімік-органік; синтезував вторинні спирти та дослідив їх окиснення, вивчав окиснення ненасичених сполук. (166, 190, 331, 372, 462, 1091)

Вант-Гофф Якоб Хендрік (van't Hoff J.) (1852-1911) – нідерландський хімік; один з засновників фізичної хімії та стереохімії. Сформулював основні положення теорії просторового розташування атомів в молекулах органічних сполук, досліджував кінетику реакцій та хімічну спорідненість, запропонував класифікацію хімічних реакцій, встановив, що при підвищенні температури на десять градусів Цельсію швидкість реакції збільшується у 2-4 рази (правило Вант-Гоффа). Лауреат першої Нобелівської премії з хімії 1910 року. (13, 25)

Велер Фрідріх (Weler F.) (1800-1882) – німецький хімік; праці з неорганічної та органічної хімії, разом з Ю. Лібіхом виявив ізомерію солей гримучої кислоти. (13)

Вільямсон Олександр В. (Williamson A.) (1824-1904) – англійський хімік, учень Лібіха, доктор філософії Гісенського університету; відкрив синтез етерів: натрій алконолят реагує з алкілгалогенідом (синтез Вільямсона). (385, 387, 411, 428)

Віндаус Адольф Отто Рейнгольд (Windaus A.O.R.) (1876-1959) – німецький хімік-органік і біохімік; основні роботи присвячені дослідженню стероїдів, зокрема, холестеролу, відкрив ергостерол (1927), вивчав серцеві глікозиди та сапоніни, ряд робіт присвятив амінокислотам, синтезував гістамін. Лауреат Нобелівської премії 1928 року. (1062)

Віттіг Г. (Wittig G.) (1897-1987) – німецький хімік; основні праці присвячені синтезу складних органічних сполук, зокрема, літійорганічних сполук, багатоядерних ароматичних сполук. Відкрив перегрупування етерів у спирти під дією феніллітію (перегрупування Віттіга), здійснив багатостадійний синтез фенатренів, відкрив реакцію одержання олефінів з карбонільних сполук та алкіліденфосфоранів (реакція Віттіга). Лауреат Нобелівської премії 1979 року. (808, 813)

Воль Альфред (Wohl A.) (1863-1939) – німецький хімік-органік досліджував реакцію розпаду оксидів моносахаридів під дією оцтового ангідриду (розпад за Волем), разом з К. Циглером застосовував низьку концентрацію брому для реакції радикального заміщення (бромування в алільне положення) (бромування за Волем-Циглером). (931, 935)

Вольф Людвіг (Wolff L.) (1857-1919) – німецький вчений, доктор філософії Страсбурського університету; досліджував каталітичний розклад гідразонів (відновлення за Кіжнером-Вольфом). (254, 460, 463)

Вудворд Роберт Бернс (Woodward R.) (1917-1979) – американський хімік; дослідження присвячені синтезу складних та біологічно важливих органічних сполук,

синтезував хінін, холестерол, стрихнін, хлорофіл, вітамін B_{12}, сформулював правило Вудворда-Хофмана. Лауреат Нобелівської премії 1965 року. (93, 1070)

Вюрц Шарль Адольф (Würtz A.) (1817-1884) – французький хімік; відкрив ряд нових сполук (метиламін, етиламін, жирні аміни, етиленгліколь, фенол тощо) та методи їх добування, винайшов спосіб синтезу вуглеводнів дією натрію на алкілгалогеніди, описав альдольну конденсацію. (144, 147, 251, 307, 810)

Габріель Зігмунд (Gabriel S.) (1851-1924) – німецький хімік-органік; основні роботи присвячені синтезу і якісному аналізу нітрогеновмісних гетероциклічних сполук, синтезував ізохінолін, фенілізохінолін, фталазин та його гомологи, разом з А. Міхаелем виявив, що фталевий ангідрид може вступати в реакцію Перкіна в якості карбонільної компоненти, відкрив спосіб синтезу первинних аліфатичних амінів з галогенопохідних та калій фталіміду (синтез Габріеля), синтезував етиленамін. (701, 704, 737)

Ганч Рудольф Артур (Hantzsch A.R.) (1857-1935) – німецький хімік-органік; добув ряд похідних піридину, тіазолу, працював над теоретичними проблемами органічної хімії і разом з А. Вернером заклав основи стереохімії нітрогену, дослідив структуру оксидів, гідразонів, діазосполук, застосував фізичні методи для дослідження будови органічних сполук. (855)

Гаттерман Людвіг (Gattermann L.) (1860-1920) – німецький хімік-органік; основні роботи присвячені синтетичній органічній хімії, синтезував аміди ароматичних кислот конденсацією хлорангідриду карбамінової кислоти з бензеном у присутності алюміній хлориду, відкрив реакцію обміну діазогрупи в ароматичних солях діазонію на галоген або ціаногрупу в присутності міді (реакція Гаттермана), розробив спосіб синтезу *n*-амінофенолів електролітичним відновленням нітросполук, разом з В. Мейєром відкрив ароматичні йодонієві сполуки, разом з І. Кохом створив метод формулювання ароматичних сполук (реакція Гаттермана-Коха). (712)

Гелль К. (van Hell C.M.) (1849-1926) – німецький хімік; розробив метод бромування кислот: спочатку кислоту обробляють в присутності червоного фосфору, утворюється бромангідрид кислоти, який далі бромується в бромангідрид α-бромокислоти, останній під дією води гідролізується до α-бромокислоти (метод Гелля-Фольгарда-Зелінського). (495, 544, 549)

Гофман Август Вільгельм (Hofmann A.W.) (1818-1892) – німецький хімік-органік, учень Лібіха, заснував німецьке хімічне товариство; знайшов у летких продуктах кам'яновугільної смоли анілін і хінолін, вперше виділив з кам'яновугільної смоли бензен, пронітрував його та відновив до аніліну, відкрив реакцію утворення амінів з алкілгалогенідів дією амоніаку і реакцію утворення первинних амінів з амідів кислот дією на них брому та лугу (реакція Гофмана). (536, 538, 701, 704, 705, 741)

Гребе Карл (Graebe C.) (1841-1927) – німецький хімік-органік; досліджував ароматичні багатоядерні сполуки, разом з К.Т. Лібермaном синтезував антрацен з алізарину, разом з Г. Каро відкрив акридин, синтезував фенатрен. (13)

Гріньяр Франсуа Огюст Віктор (Grignard V.) (1871-1935) – французький хімік-органік; основні дослідження присвячені синтезу та дослідженню органічних сполук, за порадою Барбьє вперше добув змішані магнійгалогеноорганічні сполуки (реакція Гріньяра). Відкрив реагент – алкілмагнійгалогеніди розчинені у етері (реактив Гріньяра). Ці роботи дали початок універсальним методам магнійорганічного синтезу. Досліджував терпени, алюмінійорганічні сполуки. Лауреат Нобелівської премії 1912 року. (144, 146, 251, 307, 317, 357, 435, 449, 453, 465, 468, 504, 508, 538, 522, 524, 529, 530, 540, 782, 794)

Дільс Отто (Diels O.) (1878-1954) – німецький хімік-органік; запропоновував спосіб дегідрування органічних сполук без зміни їх скелету за допомогою селену, разом з К. Альдером відкрив реакцію конденсації дієнів з ненасиченими карбонільними та карбоксильними сполуками. Лауреат Нобелівської премії 1950 року. (83, 185, 190, 584, 590)

Дьюар Майкл Джемс С. (Dewar M.) (1842-1923) – англійський фізик і хімік; досліджував карбонільні сполуки, озон, запропонував власні структурні формули бензену і піридину. (23)

Дюма Жан Батіст Андре (Dumas J.) (1800-1884) – французький хімік; винайшов спосіб визначення густини пари, визначив компоненти естерів, досліджував явище заміщення атомів гідрогену атомами хлору в органічних сполуках, сформулював поняття гомологічного ряду, вивів загальні формули для гомологічних рядів. (13, 114, 144, 147, 519)

Ельтеков Олександр Павлович (1846-1894) – український хімік-органік, професор Харківського, пізніше Київського університетів; належать праці по визначенню будови і вивченню закономірностей перетворень вуглеводнів та їх оксигеновмісних похідних, сформулював правило про нестійкість спиртів з гідроксилом біля атома карбону, зв'язаного подвійним зв'язком (правило Ельтекова). (477)

Ерленмейєр Ріхард Август Карл Еміль (1825-1909) – німецький хімік-органік; прихильник структурної теорії, обґрунтував ідею про подвійний зв'язок між атомами карбону, встановив структурну формулу нафталену, увів у вжиток конічну колбу (колба Ерленмейєра). (477)

Жерар Шарль Фредерік (Gerhardt C.) (1816-1856) – французький хімік; розробив теорію типів. (13)

Зайцев Олександр Михайлович (1841-1910) – російський хімік-органік, учень О.М. Бутлерова; дослідження в галузі органічного синтезу і теорії будови органічних сполук. Президент Російського фізико-хімічного товариства. (171, 352)

Зандмейєр Траугот (Sandmeyer T.) (1854-1922) – швейцарський хімік; творець виробництва синтетичних барвників, разом з Мейєром синтезував тіофен з ацетилену і сірки, відкрив реакції заміщення діазогрупи в солях діазонію або в гетероциклах на атом галогену в присутності галогенідів купруму(I) (реакція Зандмейєра), запропонував новий спосіб одержання ізатину взаємодією аміну з хлоралем і гідроксиламіном. (712)

Зелінський Микола Дмитрович (1861-1953) – російський, радянський хімік-органік, академік; головні дослідження присвячені органічному синтезу, хімії гетероциклів, органічному каталізу, хімії амінокислот і білків. Один з організаторів Радянського хімічного товариства ім. Д.І. Менделєєва. Герой Соціалістичної Праці, Премія ім. В.І. Леніна (1934 р.), Державна премія СРСР (1942, 1946, 1948 рр.). Ім'я Зелінського надано Інституту органічної хімії м. Москва (1953 р.). Засновник великої школи хіміків-органіків – О.М. Несміянов, Б.О. Казанський, М.І. Шуйкін, А.Ф. Плате та ін. (203, 495, 544, 549)

Зінін Микола Миколайович (1812-1880) – російський хімік-органік, академік Петербурзької АН; синтезував бензоїн методом бензоїнової конденсації, відкрив реакцію відновлення ароматичних нітросполук, яка слугувала основою промислового синтезу анілінових барвників, відкрив бензидинове перегрупування, відкрив уреїди. Один з засновників школи російських хіміків. (13)

Інгольд Крістофер (Ingold C.) (1893-1970) – англійський хімік; головні праці присвячені фізичній органічній хімії, засновником якої він був, розробив концепцію мезомерії, автор фундаментальних праць з кінетики і механізмів хімічних реакцій. (13, 27)

Іоцич Живоїн Ілліч (1870-1914) – сербський хімік-органік, учень Фаворського О.Є.; дослідження присвячені синтезу та ізомеризації ацетиленових вуглеводнів, відкрив реакцію взаємодії алкінів з магнійорганічними сполуками, розробив методи синтезу кислот ацетиленового ряду, відкрив деякі ацетиленові сполуки. Не написав ні однієї статті – про результати роботи доповідав усно на засіданнях Російського фізико-хімічного товариства. (204, 619, 793)

Кан Р. (Cahn R.) (1899-1981) – англійський хімік; був головним редактором журналу "Gournal of the chemical Society" (Лондон). (27)

Канніццаро Станіслао (Cannizzaro S.) (1826-1910) – італійський хімік; один з засновників молекулярно-атомістичної теорії, відкрив реакцію перетворення альдегідів ароматичного ряду у суміш спирту і кислоти під дією лугів (реакція Канніццаро). (460, 464)

Каро Генріх (Caro H.) (1834-1901) – німецький хімік-органік; основні роботи присвячені хімії синтетичних барвників, розробив методи одержання коричневого бісмарку та жовтого марціусу, разом з К. Гребе та К.Т. Ліберманом запропонував дешевий синтез алізарину, разом з К. Гребе відкрив акрідин, разом з А. Байєром синтезував індол, синтезував ряд азобарвників – хрізоїдин, оранжевий, міцний червоний, нафтоловий жовтий, еозин.

Каррер Пауль (Karrer P.) (1889-1971) – швейцарський хімік-органік, біохімік; основні роботи присвячені дослідженню каротиноїдів, флавінів і вітамінів, вивчав амінокислоти, встановив будову лікопіну, вітаміну B_2, синтезував ряд вітамінів (Е, К, B_2), відкрив 50 нових алкалоїдів. Видатний педагог, автор "Курс органічної хімії" (1928). Лауреат Нобелівської премії 1937 року. (1061, 1069)

Кекуле Фрідріх Август (Kekule F.A.) (1829-1896) – німецький хімік-органік; ректор Бонського університету (1877-1878), Президент Німецького хімічного товариства, один з організаторів Міжнародного конгресу хіміків в Карлсруе (1860), автор підручника органічної хімії; застосував теорію валентності до органічних речовин. Учні Кекуле – Л. Мейєр, Я. Вант-Гофф, А. Байєр, Е. Фішер. (13, 23, 223, 318)

Кендрю Джон Коудерн (Kendrew J.C.) (1917) – англійський біохімік; встановив просторову будову міоглобіну. Лауреат Нобелівської премії 1962 року (разом з М.Ф. Перутцем). (1013)

Кіжнер Микола Матвійович (1867-1935) – радянський хімік-органік; виявив ізомеризацію циклів в аліциклічних сполуках, дослідив аміни і гідразини поліметиленового ряду, відкрив метод добування вуглеводнів каталітичним розкладом гідразонів, розробляв методи синтезу барвників. (254, 460, 463)

Кіпріанов Андрій Іванович (1896-1972) – український, радянський хімік-органік; творець сучасної теорії кольоровості органічних сполук, засновник наукової школи, якій по праву належить першість з поміж усіх вітчизняних шкіл у галузі органічної хімії. Академік АН України (1945), віце-президент АН України (1946-1948), директор науково-дослідного інституту органічної хімії АН України (1945-1960), Лауреат Державної премії СРСР (1941). (1093)

Кірсанов Олександр Васильович (1902-1992) – радянський хімік, відкрив фосфазореакцію (реакція Кірсанова, 1950), реакцію прямого амінування карбонових кислот (1949), синтезував ізоціанат фосфору. Академік АН України (1961), директор

науково-дослідного інституту органічної хімії АН України (1960-1983), золота медаль ім. Д.І. Менделєєва (1965), орден Леніна (1971), Лауреат Ленінської премії (1974). (812)

Клайзен Людвіг (Claisen L.) (1851-1930) – німецький хімік-органік; дослідив реакцію конденсації оцтовоетилового естеру, названу його іменем, вивчив таутомерні перетвореня ацетооцтового естеру, відкрив перегрупування алілових естерів фенолів у відповідні алілзаміщені феноли (перегрупування Клайзена), винайшов колбу для перегонки у вакуумі (колба Клайзена), здійснив ряд синтезів. (460, 464, 641, 525, 526)

Клемменсен Е. (Clemmensen E.) (1876-1941) – американський хімік датського походження; працював у фармацевтичній промисловості. (254, 460, 463)

Кнунянц Іван Людвігович (1906-1990) – радянський. хімік-органік, основні наукові дослідження присвячені хімії флуоро-, сульфуро-, фосфороорганічних та гетероциклічних сполук. Академік АН СРСР (1953), засновник флуороорганічної хімії в СРСР, створив нові напрямки – хімію природоорганічних сполук фосфору, сульфуру, селену. Головний редактор "Краткой химической энциклопедии", "Химической энциклопедии", "Журнала Всесоюзного химического общества им. Д.И. Менделеева". Президент Всесоюзного хімічного товариства ім. Д.І. Менделєєва, Герой Соціалістичної праці (1966), Лауреат Ленінської премії (1972), Лауреат Державної премії СРСР (1943, 1948, 1950). (302)

Кольбе Адольф Вільгельм Герман (Kolbe H.) (1818-1884) – німецький хімік-органік; синтезував оцтову кислоту з неорганічних сполук, винайшов метод синтезу органічних кислот з нітрилів, метод синтезу вуглеводнів електролізом лужних солей карбонових кислот, запропонував спосіб добування саліцилової кислоти з фенолу і карбон(II) оксиду (реакція Кольбе-Шмідта), визначив будову аланіну, гліцину, молочної кислоти. (144, 147, 391, 519, 565)

Коновалов Михайло Іванович (1858-1906) – російський хімік-органік; зробив класичне дослідження з теорії і техніки нітрування алканів, розробив методи перетворення нітросполук у речовини інших класів. (139, 224)

Корі Еліас Дж. (Corey E.) (народився у 1928 р.) – американський хімік-органік; дослідження в галузі стереохімії, структурної, синтетичної та теоретичної органічної хімії. Лауреат Нобелівської премії 1990 року. (144, 146)

Коссель Вальтер (Kossel W.) (1888-1956) – німецький фізик; дав пояснення природи йонного зв'язку в хімічних сполуках, відкрив закон спектроскопічного зміщення, вивчав дифракцію та інтерференцію рентгенівських променів і електронів. Творець сучасних уявлень про теорію валентності. (13)

Крафтс Джемс Мейсон (Crafts J.) (1839-1917) – американський хімік; дослідив органічні сполуки силіцію разом з Фріделем Ш., розробив методи синтезу аренів, займався питаннями термометрії. (246, 254, 319, 385, 391, 465, 529, 532, 602, 626, 853, 900)

Крік Френсіс Харрі Комптон (Crick F.H.C.) (1916-2004) – англійський фізик та біохімік; основна галузь досліджень – молекулярна біологія, разом з Дж.Д. Уотсоном побудували модель ДНК та встановили механізм копіювання молекул ДНК. Лауреат Нобелівської премії з фізіології та медицини 1962 року (разом з Дж.Д. Уотсоном та М.Х. Уілкінсом). (1043)

Кун Ріхард (Kuhn R.) (1900-1967) – німецький хімік і біохімік; основні роботи присвячені дослідженню каротиноїдів і вітамінів, незалежно від П. Каррера встановив (1933) структуру α- та β-ізомерів каротину, запропонував метод їх синтезу, встановив

будову ФАД, виділив вітамін B_6 з дріжджів, синтезував приблизно 300 пігментів. Лауреат Нобелівської премії 1938 року. (1061, 1067, 1069)

Кучеров Михайло Григорович (1850-1911) – російський хімік-органік; відкрив і розробив метод гідратації ацетилену та ацетиленових вуглеводнів. (201)

Кьєльдаль Іохан Густав Кристофор (Kyeldahl J.G.C.) (1849-1900) – датський хімік; основні роботи присвячені розробці методів аналізу органічних сполук, зокрема, запропонував метод визначення нітрогену, методи визначення цукрів. (114)

Ладенбург Альберт (Ladenburg A.) (1842-1911) – німецький вчений; успішно здійснив взаємоперетворення бензойної кислоти і фенолу та перетворення всіх трьох гідроксибензойних кислот в бензойну кислоту і фенол. (23)

Ле Бель Жозеф Ашиль (Йозеф Ахіл) (Le Bel J.) (1840-1930) – французький хімік; одночасно та незалежно від Я. Вант-Гоффа сформулював теорію просторової будови органічних речовин. (13, 25)

Лебедєв Сергій Васильович (1874-1934) – радянський хімік, учень О. Фаворського; під час Першої Світової війни піролізом нафти одержав толуен, вивчив полімеризацію бутадієну, ізобутилену, розробив і впровадив у промисловість метод одержання синтетичного каучуку. (187)

Лібіх Юстус (Liebig J.) (1803-1873) – німецький хімік; засновник теорії радикалів та агрохімії, досліджував органічні кислоти. (13)

Лобрі де Брюїн К. (Lobry van Troostenburg de Bruyn C. A.) (1857-1904) – нідерландський хімік; досліджував ізомерні форми та алкалоїди, синтезував гідроксиламін та гідразин.

Лоурі Томас Мартін (Lowry T.M.) (1874-1936) – англійський хімік; основні роботи присвячені вивченню оптичної активності органічних сполук, виявив мутаротацію, досліджував таутомерію, один з авторів теорії кислотно-основної рівноваги. (84)

Лукас Говард Дж. (народився у 1885 році) – американський хімік, досліджував комплекси олефінів з йонами арґентуму у водному розчині (π-комплекси). (349, 376)

Львов Михайло Дмитрович (1848-1899) – російський хімік-органік, учень О.М. Бутлерова; основні роботи – встановлення емпіричних закономірностей у зв’язку з розвитком теорії хімічної будови, вперше синтезував неопентан, порівняв властивості всіх ізомерів пентану встановив факт полімеризації етилену під дією кислот, вивчав хлорування та окиснення ненасичених сполук, відкрив реакцію хлорування олефінів в α-положення. (315, 993)

Льюїс Гілберт Ньютон (Lewis G.N.) (1875-1946) – американський фізикохімік; основні роботи присвячені хімічній термодинаміці та теорії будови речовини. (13, 47, 84, 244, 347, 351)

Марковников Володимир Васильович (1838-1904) – російський вчений; розвивав теорію будови органічних сполук, а саме питання ізомерії, взаємного впливу атомів у молекулах, відкрив закономірність у порядку приєднання гідроген галогенідів до ненасичених сполук, відкрив і вивчив нафтени, вперше добув сполуки з семи- та восьмичленними циклами. (159, 200, 311, 357)

Міхаель Артур (Michael A.) (1853-1942) – американський хімік-органік; основні роботи присвячені сполукам з активними метиленовими групами атомів, разом з Габріелєм встановив, що фталевий ангідрид може приймати участь в реакції Перкіна, відкрив реакцію одержання ацетильованих *о*-арилглікозидів та реакцію нуклеофільного приєднання речовин з реакційноздатною метиленовою групою до

подвійного зв'язку у присутності основ (реакції Міхаеліса), дослідив реакцію розщеплення етерів HI. (589, 812, 813)

Міхлер В. (Michler W.) (1848-1889) – німецький хімік; відкрив кетон, який носить його ім'я. (51)

Натта Джуліо (Natta G.) (1903-1979) – італійський хімік; зробив великий внесок у вивчення полімеризації та виробництво каучуку, відкрив клас полімерів з упорядкованою структурою, стереоспецифічну полімеризацію вінілових мономерів на металоорганічних каталізаторах К. Циглера. Лауреат Нобелівської премії 1963 року. (355, 902)

Несмєянов Олександр Миколайович (1899-1980) – радянський хімік-органік; запропонував діазометод синтезу меркурійвмісних органічних сполук, одним з перших почав вивчення ненасичених металоорганічних сполук, детально вивчив стереохімію їх взаємних перетворень, розробив і узагальнив концепцію про тривкість і будову елементоорганічних сполук залежно від положення елемента в періодичній системі, дослідив реакції "сендвічевих" сполук і встановив їх ароматичний характер, з'ясував механізм електрофільного заміщення у ненасичених сполуках, розробив процес теломеризації на основі якого створили енант. Академік АН СРСР, лауреат Ленінської і Державної премій, двічі Герой Соціалістичної Праці, очолював інститут елементорганічних сполук АН СРСР, глава радянської школи металоорганіків. (784)

Норман Г. (Normant) встановив, що з хлористого або бромистого вінілу в тетрагідрофурані або в етері ди- та триетиленгліколя легко утворюються магнійорганічні сполуки (реакція Нормана). (782)

Ньюмен Мелвін С. (Newmann M. S.) (1908-1993) – американський хімік-органік; запропонував формулу для зображення конформацій (1955 р.). (34)

Паулі В. (Pauli W.) (1900-1958) – швейцарський фізик-теоретик; один з творців квантової механіки і теорії поля, передбачив існування нейтрино. Лауреат Нобелівської премії 1945 року. (1023, 1026)

Перкін Уільям Генрі (Perkin A.G.) (1838-1907) – англійський хімік-органік; добув мовеїн, запропонував загальний спосіб добування ароматичних ненасичених кислот (синтез Перкіна), користуючись яким добув кумарин та коричну кислоту, досліджував також залежність обертання площини поляризованого світла в магнітному полі від структури сполуки. (532)

Піріа Рафаель (Piria R.) (1814-1865) – італійський хімік; основні дослідження в галузі органічного синтезу, розробив нові методи синтезу та виконав класичні роботи з вивчення саліциліну, попліну, тирозину, аспарагінової кислоти, відкрив саліцилову кислоту та реакцію перетворення ароматичних нітросполук в *орто-* та *пара-* аміносульфокислоти під дією бісульфітів лужних металів, розробив метод одержання альдегідів піролізом кальцієвих солей карбонових кислот. Вчитель С. Канніццаро. (519)

Полінг Лайнус (Pauling L.) (1901-1994) – американський фізик і хімік; головні дослідження присвячені будові молекул і хімічному зв'язку, один з розробників методу валентних зв'язків, у тому числі теорії резонансу, досліджував структури білків та нуклеїнових кислот. Лауреат Нобелівської премії з хімії 1954 року та Нобелівської премії миру 1962 року. (39,46)

Попов Олександр Никифорович (1840-1881) – російський хімік, учень О.М. Бутлерова, професор Варшавського університету; експериментально довів, що чотири валентності атома карбону тотожні, чим підтвердив теорію хімічної будови, вивчав окиснення органічних речовин хромовою сумішшю, запропонував аналітичні

методи визначення будови кетонів, кислот, спиртів, вуглеводів, які дістали назву правил Попова. (462)

Прелог Володимир (Prelog V.) (1906-1998) – швейцарський хімік; головні праці в галузі синтезу циклонів і антибіотиків. Лауреат Нобелівської премії 1975 року. (27)

Прилєжаєв Микола Олександрович (1872-1944) – радянський хімік-органік; вивчав реакції окиснення ненасичених сполук, розробив метод добування α-окисів олефінів прямим окисненням подвійного зв'язку гідрогенпероксидом бензоїлу. (166)

Прінс Г. (Prins H.) (1899-1958) – нідерландський хімік-органік; відкрив реакції приєднання формальдегіду до алкенів і галоформів або тетрагалогенометанів до полігалогеноолефінів, що названі його ім'ям. (164)

Реймер Карл Людвіг (Reimer K.L.) (1845-1883) – німецький хімік; основні роботи в галузі органічного синтезу, здійснив синтез саліцилового альдегіду з фенолу і хлороформу, відкрив реакцію одержання ароматичних *о*-гідроксиальдегідів шляхом введення формільної групи в феноли (реакція Реймера-Тімана), на основі цієї реакції одержав ванілін з гваяколу. (385, 392, 465)

Реппе Вальтер Юліус (Reppe W.) (1892-1969) – німецький хімік-органік; дослідив хімію ацетилену, відкрив ряд реакцій, які носять його ім'я: каталітичну циклополімерізацію ацетилену та його похідних в арени у присутності нікелю (1948), приєднання ацетилену до сполук з рухливим атомом гідрогену (вінілування, 1949), приєднання карбон(II) оксиду до ацетилену (1949), одержання бутадієну приєднанням двох молекул формальдегіду до ацетилену (1949), конденсацію ацетилену з альдегідами чи кетонами (1949), конденсацію ацетилену з оксо- та аміносполуками (1950). (205, 593)

Реформаторський Сергій Миколайович (1860-1934) – російський, український, радянський хімік, учень О.М. Зайцева; відомий працями в галузі металоорганічних синтезів, зокрема, синтез β-гідроксикислот дією цинку на суміш альдегідів чи кетонів з естером α-галогенозаміщених кислот (реакція Реформаторського). Член-кореспондент АН СРСР, автор підручника "Начальный курс органической химии", що витримав 17 видань. (560)

Родіонов Володимир Михайлович (1878-1954) – радянський хімік-органік, академік АН СРСР, тричі лауреат Державної премії СРСР; розробив загальні методи синтезу β-амінокислот, дослідив властивості і перетворення цих сполук, запропонував ряд методів алкілування, відкрив спосіб введення діазогрупи в феноли, дослідження стосуються хімії барвників, алкалоїдів, запашних речовин. (738)

Розенмунд Карл В. (Rosenmund K.W.) (1884-1965) – німецький хімік, учень Дільса; розробив метод перетворення кислоти в альдегід шляхом каталітичного гідрування хлорангідриду над паладієм з додаванням невеликої кількості сірки у хіноліні у якості каталітичної отрути. (465)

Руф О. (Ruff O.) (1871-1939) – німецький хімік, учень Е. Фішера; автор кількох праць з хімії вуглеводів, потім займався неорганічною хімією, автор кількох підручників. (931, 935)

Сабатьє П. (Sabatier P.) (1854-1941) – французький хімік; засновник органічного каталізу. Разом з Сандераном здійснив пряме одностадійне рідкофазне гідрування етилену до етану в присутності подрібненого нікелю, провів каталітичне гідрування олефінів, ацетиленових і ароматичних вуглеводнів, зокрема, бензену в циклогексан. На нікелевому каталізаторі синтезував з чадного газу і водню метан,

впровадив промислову гідрогенізацію жирів, за що одержав Нобелівську премію у 1912 році. (145)

Семенов Микола Миколайович (1896-1986) – радянський фізик та фізико-хімік, академік АН СРСР; дослідження стосуються вчення про радикальні механізми хімічних процесів. Двічі Герой Соціалістичної Праці, Ленінська премія 1976 р., Державні премії СРСР 1941 р., 1949 р. Лауреат Нобелівської премії 1956 року. (138)

Сент-Дьйорді Альберт (Szent-Gyorgyi Albert) (1893-1986) – видатний угорський біохімік; значний внесок зробив у теорію біологічного окиснення, біохімію м'язів, встановив будову вітаміну С, відкрив вітамін Р. Лауреат Нобелівської премії 1937 року. (1058)

Скрауп Зденко Ханс (Skraup Z.H.) (1850-1910) – австрійський хімік-органік; основні роботи присвячені дослідженню будови і синтезу алкалоїдів групи хініну, відкрив реакцію утворення хіноліну (реакція Скраупа), встановив будову цинхоніну, досліджував вуглеводи та білки. (863)

Тищенко Вячеслав Євгенович (1861-1941) – радянський хімік, учень О.М. Бутлерова, асистент Д.І. Менделєєва; відкрив реакцію конденсації альдегідів у естери (реакція Тищенко-Канніццаро), досліджував продукти лісохімії, розробив промисловий синтез камфори із скипидару, винайшов нові сорти скла для хімічного посуду, розробив синтези чистих хімічних реактивів, технологію виробництва йоду з морських водоростей, запропонував новий тип склянок (склянки Тищенка). Академік АН СРСР, лауреат Державної премії СРСР. (460, 464)

Тіман Іоган Карл Фердінанд (Tiemann J.C.F.) (1848-1889) – німецький хімік; досліджував нітрили і терпени, синтезував ванілін, разом з Л. Крюгером виділив з кореня ірису ірон – речовину з запахом фіалки, праці мали значення для створення виробництва синтетичних запашних речовин, відкрив реакцію одержання ароматичних *о*-оксіальдегідів шляхом введення формільної групи в феноли (реакція Реймера-Тімана). (385, 392, 465)

Тодд Александер (Todd A.) (1910-1997) – англійський хімік-органік; основні роботи відносяться до хімії нуклеотидів, нуклеотидних коензимів та нуклеїнових кислот, вперше синтезував динуклеотид, встановив будову циклофосфатів, запропонував схему будови РНК. Лауреат Нобелівської премії 1957 року. (1070)

Толленс Бернард (Tollens B.) (1841-1918) – німецький хімік; розробив синтез алілового спирту з гліцеролу (метод Толленса). (460, 479, 506, 917, 924)

Торп Джоселін Філд (Thorpe J.) (1872-1940) – англійський хімік-органік; основні роботи в області синтезу: запропонував синтез двоосновних кислот з естеру натрійціанооцтової кислоти та ціангідринів, дослідив структуру камфори, вивчив шляхи добування і реакції імінів, відкрив метод одержання макроциклічних кетонів циклізацією динітрилів. (226)

Троммер Карл А. (Trommer Carl A.) (1806-1879) – професор в Грейфсвальді, учень Мічерліха; розробив пробу Троммера. (460)

Тропш Ганс (Tropsch G.) (1889-1935) – чеський хімік; спільно з Ф. Фішером вивчав каталітичний синтез вуглеводнів. (144, 145)

Уілкінс Моріс Хью Фредерік (Wilkins M.H.F.) (народився у 1916) – англійський біофізик, член Лондонського королівського товариства; основні роботи – молекулярна біологія, підтвердив гіпотезу Дж.Д. Уотсона і Ф.Х.К. Кріка щодо вторинної структури ДНК методом рентгеноструктурного аналізу. Лауреат Нобелівської премії з фізіології та медицини 1962 року (разом з Ф.Х.К. Кріком та Дж.Д. Уотсоном). (1043)

Ульман Фріц (Ullmann F.) (1875-1939) – швейцарський хімік-органік; основні роботи – синтез похідних дифенілу та акрідину, вперше використав диметилсульфат як метилюючий засіб, розробив шляхи одержання діарилових етерів, діариламінів, діарилсульфонів конденсацією арилгалогенідів з фенолами, ароматичними амінами, арилсульфоновими кислотами відповідно. (271)

Уотсон Джеймс Дьюі (Watson G.D.) (народився у 1928) – американський біохімік, член Національної АН США; основні роботи – молекулярна біологія, разом з Ф.Х.К. Кріком побудував модель ДНК, вивчав роль РНК у білковому синтезі та структуру вірусів. Лауреат Нобелівської премії з фізіології та медицини 1962 року (разом з Ф.Х.К. Кріком та М.Х. Уілкінсом). (1043)

Фаворський Олексій Євграфович (1860-1945) – радянський хімік-органік; засновник хімії ненасичених органічних сполук, зокрема, хімії ацетилену, відкрив ізомеризацію алкінів, винайшов метод добування вінілових етерів дією спиртів на ацетилен, дослідив взаємодію ацетилену з кетонами, що привело до теорії біосинтезу терпенів у рослинах. Герой Соціалістичної Праці, Державна премія СРСР (1941 р.). Головний редактор журналу "Общая химия". (51, 205)

Фелінг Герман Хрістіан (Fehling H.H.) (1812-1885) – німецький хімік-органік та технолог, учень Ю. Лібіха; основні дослідження – аналіз і ідентифікація органічних сполук, вивчав багатоосновні органічні кислоти, одержав паральдегід, бензонітрил, сукцинімід, бензоатну кислоту з бензонітрилу, запропонував реактив для визначення моносахаридів (реактив Фелінга), вивчав мінеральні води, дубильні речовини, дослідив процес випікання хліба. (460, 479, 506, 924)

Фіттіг Рудольф (Fittig R.) (1835-1910) – німецький хімік-органік; автор праць з питань будови і синтезу ароматичних вуглеводнів, запропонував спосіб добування жирно-ароматичних вуглеводнів дією натрію на суміш алкіл- та арилгалогенідів (реакція Фіттіга), дослідив фенатрен, флуорен, займався стереохімією. (251, 810)

Фішер Еміль (Fischer E.) (1852-1919) – німецький хімік-органік; роботи присвячені хімії вуглеводів, білків, пуринових сполук, синтезував фізіологічно активні похідні пуріну, запропонував номенклатуру, раціональні формули і класифікацію вуглеводів, гідролізував білки та відкрив ряд амінокислот. Лауреат Нобелівської премії 1902 року. (13, 25, 926, 931, 933, 934)

Фішер Франц (Fischer F.) (1877-1947) – німецький вчений, учень Елбса; наукова діяльність присвячена синтезу органічних сполук з карбон(II) оксиду і водню. (144, 145)

Фольгард Я. (Volhard G.) (1834-1910) – німецький хімік; розробив метод синтезу α-бромомасляної кислоти при дії брому та червоного фосфору (метод Гелля-Фольгарда-Зелінського), синтезував креатин, саркозин та тіофен. (495, 544, 549)

Фрідель Шарль (Friedel C.) (1832-1899) – французький хімік-органік і мінералог; виконав ряд синтезів, що мали значення для розвитку теорії будови органічних сполук, відкрив реакцію синтезу гомологів бензену за допомогою безводного алюміній хлориду, штучно добував мінерали. (246, 254, 319, 385, 391, 465, 529, 532, 602, 626, 853, 900)

Фріс К. (Friess C.) (1875-1962) – німецький хімік; основні праці присвячені вивченню біциклічних гетероциклів, відкрив метод синтезу фенолокетонів (перегрупування Фріса). (385, 387, 465)

Хараш Морріс Селіг (Kharasch M.S.) (1895-1957) – американський хімік українського походження; займався дослідженнями в галузі вільнорадикального приєднання та хімії полімерів. (165)

Хеуорс В. (Haworth W.) (1883-1950) – англійський хімік-органік; головні дослідження присвячені вуглеводам, а також вітаміну С. Лауреат Нобелівської премії 1937 року. (919)

Ходжкін Дороті Крауфут (Hodgkin D.**)** (1910-1994) – англійський хімік і кристалограф; праці стосуються визначення хімічної структури речовин, зокрема, визначила структуру ряду фізіологічно активних сполук (пеніцилін, вітамін B_{12}). Член Лондонського королівського товариства. Лауреат Нобелівської премії 1964 року. (1070)

Хофман Роалд (Hoffmann R.) (народився у 1937 році) – американський хімік; головні дослідження присвячені механізмам хімічних реакцій, зокрема, реакцій циклоприєднання (правило збереження орбітальної симетрій Вудворда-Хофмана для дієнового синтезу). Лауреат Нобелівської премії 1981 року. (93)

Хюккель Еріх Арманд Артур Йозеф (Hückel E.F.F.J.) (1896-1980) – німецький фізик та хімік-теоретик; розробляв квантово-хімічні методи дослідження будови молекул, створив теорію сильних електролітів разом з Дебаєм П.Й.В., запропонував пояснення стійкості ароматичного секстету на основі методу молекулярних орбіталей. (13, 23, 83)

Циглер Карл Вальдемар (Ziegler K.W.) (1898-1973) – німецький хімік; розробив метод одержання алкільних похідних лужних металів дією натрію або калію на етери, показав, що ці сполуки можуть бути ініціаторами реакції полімеризації, виявив, що літій взаємодіє з галогеноалкілами як в реакції Гріньяра, розробив метод одержання макроциклічних кетонів циклізацією динітрилів (реакція Циглера), здійснив синтез вищих α-олефінів з етилену та синтез алюмінійорганічних сполук, відкрив комплексні каталізатори (каталізатори Циглера-Натта). Лауреат Нобелівської премії 1963 року. (355, 784, 799, 902)

Чаргафф Ервін (Chargaff E.) (народився у 1905 році) – американський біохімік, член Національної АН США; вивчав нуклеїнові кислоти, вперше одержав чисті зразки ДНК, відкрив закономірності структури ДНК (правило Чаргаффа). (1041, 1043)

Чічібабін Олексій Євгенович (1871-1945) – російський хімік-органік; основні праці присвячені хімії піридину і інших нітрогеновмісних гетероциклів, відкрив спосіб добування піридину конденсацією альдегідів і кетонів з амоніаком, спосіб добування α-амінопіридину дією на піридин натрій амідом (реакція Чічібабіна), досліджував таутомерію похідних піридину. Академік АН СРСР, Лауреат Ленінської премії (1926). (854)

Шеєле Карл Вільгельм (Scheele K.) (1742-1786) – шведський хімік; першим отримав низку органічних та неорганічних речовин, у тому числі хлор, гліцерол, ціанідну кислоту, довів, що повітря є складним утворенням. (13)

Шиман Гюнтер Роберт Артур (Schieman H.R.A.) (1899-1967) – німецький хімік; основні напрями досліджень – синтез та вивчення флуоровмісних аренів, відкрив реакцію термічного розкладу борофлуоридів ароматичних діазосполук на ароматичні флуоропохідні, азот і BF_3. (713)

Шифф Хуго Йозеф (Schiff H.J.) (1834-1915) – італійський хімік, учень Ф. Велера; синтезував тіонілхлорид, описав методику крапельного аналізу, відкрив продукти конденсації альдегідів з амінами (основи Шиффа), запропонував якісну реакцію альдегідів з фуксинсірчистою кислотою (реакція Шиффа), синтезував дигалову кислоту, створив прилад для визначення нітрогену за способом Ж.Б.А. Дюма. (454)

Шмідт Карл Генріхович (Карл Ернст Генріх) (1822-1894) – російський хімік; запропонував термін “вуглеводи”, відкрив у шлунковому соці вільну хлоридну кислоту, знайшов у крові сечовину і глюкозу, досліджував мінеральні джерела та торф, вапняк, глини у Прибалтиці. (565)

Штреккер Адольф (Strecker A.) (1822-1871) – німецький хімік-органік; відомий працями з дослідження і синтезу природних сполук, відкрив спосіб добування α-амінокислот з альдегідів, ціанідної кислоти та амоніаку (синтез Штреккера) і синтезував цим способом аланін, довів, що при дії нітратної(III) кислоти на α-амінокислоти утворюються гідроксикислоти (добув з гліцину гліколеву кислоту), досліджував сечову кислоту, синтетично добув гуанідин, показав, що танін є глюкозидом, одночасно з Алексєєвим синтезував азопохідні ароматичних карбонових кислот. (738)

Ягупольський Лев Мусійович (1922-2009) – український хімік-органік, засновник української наукової школи флуоровмісних сполук; наукові праці в галузі хімії ароматичних та гетероциклічних сполук з флуоровмісними замісниками. Заслужений діяч наук УРСР, Лауреат премії Ради Міністрів СРСР (1982), Лауреат Державної премії України (1992), Лауреат премії ім. А.І. Кіпріанова (1994). (302)

Абетковий покажчик

Аденін 876, 1029
Азиди 718
Азобарвник 741
Азобензен 673, 716
(*E*)-N,N'-Азодіоксид 661
Азоксибензен 673
n-Азоксибензен 715
Азометин 694
Азосполуки 715, 716
Аконітин 1078
Акрилоамід 210
Акрилонітріл 173, 210
Алізарин 1102
Аліл хлористий (3-хлоропропен) 295, 313, 374
Алкадієни 174
Алкалоїди 1072
Алкалоїди стероїдного ряду 1003
Алкандіоли 362, 363, 614
Алкани 131
Алканоли 341
Алканоляти 404
Алкансульфокислота 141
Алкансульфонати 1106
Алкансульфонова кислота 140
Алкантриоли 362, 363
Алканхлоросульфокислота 141
Алкени 15
Алкенілбензени 257
Алкеноли 359
Алкіларени 321
Алкілбензени 239
Алкілбензенсульфонати 1107
N-Алкілгідроксиламін 698
Алкілмеркаптиди 757
Алкілсульфати 1106
Алкілцелюлоза 957
Алкіндіол 205
Алкіни 192
Алкінілбензени 266
Алкіноли 205, 359
Алоза 912
2-Алкоксиетанол 436
Алфоли 355
Алфол-процес 355
Алюлоза 913, 914
Альбуміни 1009
Альдегіди
    акролеїн 369, 374, 442, 458
    анісовий 442
    бензальдегід 256, 438, 442, 446, 480

бурштиновий 472
валеріановий (пентаналь) 446
гліколевий 371
гліоксаль 249, 371, 472
гліцероловий 371, 911, 912
коричний 442, 458, 595
кротоновий 457
левуліновий 998
малоновий 472
масляний (бутаналь) 442, 446, 447
мурашиний (формальдегід, метаналь) 438, 442, 446, 480
оцтовий (етаналь) 438, 442, 480
піровиноградний 472
пропіоновий (пропаналь) 442, 446
саліциловий 392, 442, 469
Альдоза 909
Альтроза 912
Амід 499, 507, 510, 536, 847
Амілоза 950
Амілопектин 950
Аміни 679
Амінокислоти протеїногенні 1006
Амінооксид 699
Амінопіридини 854
Аміносахариди 940
Аміносульфокислоти 742
Анабазин 1077
Аналіз 112
кількісний 114
якісний 113
Ангідриди 347, 500, 507, 510, 528, 532, 539, 733
бурштиновий 612, 617
глутаровий 617
малеїновий (бутеновий) 249, 512, 616, 621
оцтовий (етановий) 480, 512, 532
фталевий 289, 630, 633
циклічні 617
Анілін (феніламін) 237, 256, 394, 673, 679, 683, 688
Аномери 918, 943
Антинідин 1078
Антрахінон 293
Антрацен 229, 281, 291-294
Арабіноза 912
Ареколін 1076
Арени 229
Арилалканоли 360
Арилалкілсульфід 321
Ариламін 321
Арилгалогеніди 317-324
Арилмеркурій хлорид 784
Ароматичність 83, 230, 231
Аскорбінова кислота (вітамін С) 941, 1058

Атропін 1079
АТФ (аденозинтрифосфат) 937, 1037
Ауксохроми 80, 1096
Аурамін 1100
Ацетилен (етин) 193, 196, 359
Ацетиленід 204
Ацетон 166, 173
Ацетонілацетон (1,4-дикетон) 830
Ацетонітріл 516
Ацетооцтовий естер 525, 566, 575-582, 589
Ацилгідразон 743
Барвники 1091
    активні 1097
    кислотні 1097
    кубові 1097
    основні 1097
    протравні 1097
    проявні 1097
    субстантивні 1097
Бензен (бензол) 69, 225, 239, 241, 252, 256
м-Бензендисульфонат 402
Бензенкарбонітрил 512
Бензенсульфохлорид 706
Бензилхлорид 256
Бензоїлхлорид 512
п-Бензохінон (1,4-бензохінон) 402, 698
Біарен 321
Білки 737, 1004
Біотин (вітамін Н) 1071
Біофлаваноїди (вітамін Р) 1066
4,4'-Біс(фенол) 395
Біурет 651
Біфеніл (дифеніл) 229, 268-271
Борани 357
Бродіння
    ацетонобутанолове 930
    бутиратнокисле 930
    гліцеролове 929
    молочнокисле 929
    пропіоновокисле 929
    спиртове 929
1-Бромобутан 220
1-Бромопропан 220
Бромоформ 298
Будова 19
Бутадієни
    бута-1,2-дієн 175
    бутадієн (бута-1,3-дієн, дивініл) 173-175, 178, 191, 210
    ізопрен (2-метилбута-1,3-дієн) 174, 175, 178, 180, 191, 990
    хлоропрен (2-хлоробута-1,3-дієн) 191, 210
Бутан 66, 132, 134, 161, 220
Бутан-1-сульфокислота 220

Бутаноїлхлорид 512
Бутени 173
бут-2-ен (псевдобутилен, α,β-диметилетилен) 151, 153, 154, 156
бутилен (бут-1-ен) 151, 153, 154
ізобутилен (α,α-диметилетилен) 154, 161, 162
Бутиллітій 787, 790
Бутини 193, 195, 198
Високомолекулярні сполуки 880
гетероланцюгові 883, 887, 891
гомоланцюгові 883, 887, 891
гомополімери 883
кополімери 883
нерегулярні 884, 888
реактопласти 885
регулярні 884, 888
стереонерегулярні 884, 889
стереорегулярні 884, 889
термопласти 885
Відновлення 96
Вініл хлористий (хлороетен) 295, 310
Вінілацетилен 203
Вініліден 310
Вінілхлорид 210
Вітаміни 1053
Вітамін F (вищі карбонові кислоти ненасичені) 1057
Властивості фізичні 74
активність оптична 79
густина 78
густина відносна 78
диполь 75
запах 81
кипіння 77
колір 80
момент дипольний 75
обертання питоме 79
плавлення 76
показник заломлення 80
полярність молекул 75
розчинність 78
стан агрегатний 76
Властивості хімічні 74
Вуглеводи 907
Вуглеводні 130
Вуглеводні ациклічні 211
Галактоза 912, 938
Галактозоамін 940
Галегін 1090
Галогеноалкани 302-308
Галогеноалкени 309-315
Галогеноалкіни 316
Галогеногідрини 370
Галогеніди бензильні 325, 326

Галогеноангідриди 343, 499, 507, 510, 520, 528, 529, 539, 733, 763
Галогенопохідні вуглеводнів 295
Галоформи 327
Гангліозиди 987
Гвайол 995
Гексадієни
    гекса-2,4-дієн 180
    гекса-2,5-дієн(діаліз) 178
Гексаметилдисілоксан 119
Гексаметилендіамін 613, 678, 683
Гексаметилциклотрисилази 803
Гексан 132
Гексахлоробензен 333
Гексахлороциклогексан 333
Гексени 151, 153, 155
Гексини 193, 196
Гексоза 909
Гераніол 81
Героїн 1084
Гібридизація 39
Гігрин 1075
Гідразид 743
Гідразид фталевої кислоти 704
Гідразин 222, 842, 870
Гідразобензен 673, 716
4-Гідроксиазобензен 391
Гідроксиламін 672
5-Гідроксиметилцитозин 1029
Гідрохінон (бензен-1,4-діол) 381-383, 400-402
Гіперкон’югація 44
Гістони 1008
Глікоген 952
Глікогліцероліпіди 989
Глікозиди 927
Гліколіпіди 984
Глікосфінголіпіди 985
Гліцерин (гліцерол) 362, 366-377, 905, 1105
Гліцерофосфоліпіди 974
Глобазиди 988
Глобуліни 1009
Глюкоза (виноградний цукор, декстроза) 911, 912, 917, 919, 937
Глюкозоамін 940
Гомологи 20
Гормони
    андрогени 1002
    естрогени 1002
    кортикоїди 1002
    стероїдні 999, 1002
Група 12
    старша характеристична 53, 56
    характеристична 13, 48, 52, 54 55
Гуанін 876, 1029, 1030

Гулоза 912
Гутаперча 191, 998
Дегідрогенбензен 323
1,4-Дегідрогеннафтален 289
2-Дезокси-β-*D*-рибоза 940, 1031
Декан 132
Декстрини 951
Дельфінін 1078
Денатурація 1018, 1046
Дец-1-ен 151
Дец-1-ін 193
Дибромобутани 220
Дивінілбензен 229, 259
9,10-Дигідрогенантрацен 293
9,10-Дигідрогенфенантрен 293
Диметилсульфон (метилсульфінілметан) 763
Диметилсульфооксид (ДМСО) 761
Динітрил 614
Дисахариди
    відновлюючі 943, 944
    невідновлюючі 943, 944
Дисульфід 750
Дитерпени 996
Дифеніламін 679, 683
Дифенілацетилен 790
1,2-Дифенілетан 268
1,1-Дифенілетилен 790
Дифенілметан 268, 272-274
Дихлороацетилен 316
Дихлоробензен 333
Дихлороетан (1,2-дихлороетан) 295
Дихлороетилен 310
Дихлорофосфоран 809
Діазини 864
Діазосполуки 707
Діазотати 714
Діалкілалюмінійгідрид 797
Діалкілсульфід 752
Діацетил 472
Дієтилбензен-1,4-дикарбоксилат 515
Дієтилмеркурій 784
Дієтилтіоетер 754
Дієтилфталат 631
Дієновість 83
Дікетопіперазин 734
Діоксан (1,4-діоксан) 430, 820
Довжина зв’язку 37
Екгонін 1079
Екстракція 111
Електрофіли 87
Електрофільність 89
Енантіомерія 26

Енергія резонансу 46
Еноли 361
Епімери 918
Епоксид 166, 432
1,2-Епоксипропан (пропіленоксид) 430
Ергометрин 1082
Еримелантин 1088
Еритрулоза 913
Естери 347, 368, 404, 507, 510, 528, 539, 555
    вінілацетат 210
    вінілового спирту 201, 361
    малоновий 589, 607, 618, 650
Етан 66, 132, 134
Етанамід (ацетамід) 513, 536
Етаноламін 436
Етери 350, 368, 404, 415, 555
    алкілвінілові 201
    вінілові 210, 361, 426
    сульфокислот 776
Етил-2-метилпропаноат 513
Етиламін (етанамін) 688
Етилацетат (етилетаноат, етиловий естер оцтової кислоти) 511
Етилбензен 70, 229
Етилен (етен) 68, 151, 154, 173
Етиленбромогідрин 436
Етилендіамін 679
Етилкарбонат 635
Етилмеркаптам 742
Етилсульфінілбензен 763
Етилсульфонілбензен 759
Етилформіат (етилметаноат) 515
Етилхлорокарбонат 635
Етоксиетан (сірчаний, діетиловий) 415, 418, 420
2-Етоксиетанол 436
Ефедрин 1090
Ефект
    батохромний 1095
    гіпсохромний 1096
    індукційний 40, 41, 45, 233, 310, 346, 366, 493, 496, 547, 548, 691, 777, 808
    мезомерний 42, 43, 45, 233, 310, 318, 379, 426, 493, 1096
    пероксидний (М. Хараш і Ф. Майо) 165
Еферофізин 1090
Жири (тригліцериди) 960
Замісник 52, 65-70
Замісник I і II роду 233
Зарин 812
Зв’язок
    глікозидний 944-947
    ковалентний 37
    пептидний 733
Зоман 812
Зсув хімічний 119

Ідоза 912
Ієрвін 1085
Ізобутан (2-метилпропан) 67, 141
Ізомери 19, 21
Ізомерія
π-діастереоізомерія 31, 32
σ-діастереоізомерія 31, 32
антропоізомерія 26, 79
діастереоізомерія 26, 133, 180
просторова 22
стереоізомерія 19, 343
структурна 21
структурна динамічна 22
структурна статична 22, 133, 153, 195, 180, 240
цис-, транс- 32, 33, 217, 227
Ізонітрил 303, 700
Ізоолаксазин 1069
Ізотіоціанат 303
Ізохінолін 859, 878
Ізоціанат 538, 809
Імідазол (1,3-діазол) 819, 838, 878
Імідхлорид карбонової кислоти 541
Імінокислоти протеїногенні 1006
Індиго 741, 1101
Індол (бензено[2,3-b]пірол) 822, 832-836, 878, 879
Йодоформ 298
Йони
алкоксид 346
ацилій 246
диполярні (бетаїн, цвітер-іон) 729, 731, 732, 1030
імідазолій 840
карбоаніон 88, 277, 322
карбокатіон 89, 170, 183, 235, 247, 261, 279, 313, 319, 325, 349, 352, 456
карбоксилат 541
карбоній 900
нітроній 245
оксоній 346
піразолій 840
хлороній 246
Калій циклогексанкарбоксилат 512
Кальциферолы (вітамін D) 1062
Камфан 994
Камфора 994
Капрі синій 1101
Капролактам 256
Карбен 222
Кардіоліпін 982
Карнітин (вітамін $B_т$) 1059
Каротини 997, 1061
Каталізатори
Фріделя-Крафтса 900
Циглєра 784

Циглера-Натта 902
Катехін 1066
Каучуки
бутадієннітрильний 191
бутадієнстиреновий 191
ізопреновий 187
натуральний (поліізопрен) 191, 881, 998
Кафверин 683
Кетен 503
Кетоза 909
Кетони
ацетилацетон 472, 589
ацетон (пропанон) 438, 442, 480, 579
ацетонілацетон 472
ацетофенон (1-фенілетанон) 442, 446
безофенон (дифенілметанон) 442, 446
дибензальацетон 458
дигідроксиацетон 371, 911, 913
циклогексанон 612, 614
Кислота 481
абієтинова 996
адипінова (гександіова) 490, 612, 613, 616, 657
акрилова (пропенова) 489, 582, 593, 657
п-амінобензойна 724, 741
α-аміноенантова 904
антранілова (*о*-амінобензойна) 657, 724, 741
арахідонова (*цис*-*цис*-*цис*-*цис*-ейкоза-5,8,11,14-тетраєнова) 489
ацетилендикарбонова (бутиндіова) 490
ацетилсаліцилова (аспірин) 564, 657
барбітурова 650, 871
п-бензендисульфонова 402
бензенсульфонова (бензенсульфокислота) 763
бензойна (бензоатна) 249, 256, 484, 486, 491, 597, 657, 658
о-бензоїлбензойна 632
бурштинова (бутандіова) 490, 607, 616, 623, 657
валеріанова (пентанова) 484, 487, 549
винна 634, 658, 923
вища карбонова 954, 963, 1057
галова (3,4,5-тригідроксинбензойна) 561, 657, 658
гідрогеназна 723
гліколева 371, 551, 658
гліоксилева 371, 566, 623
глутарова (пентандіова) 490, 507
глюканова 923
глюкорова (цукрова) 923
елаїдинова (*транс*-октадец-9-єнова) 489
енантова (гексанова) 487
ізокротонова (*цис*-бут-2-енова) 489
ізомасляна (2-метилпропанова) 487
ізофталева (ізофталатна, бензен-1,3-дикарбонова) 491
ізоціанова 645, 655
карбамінова 538, 635, 655

корична (3-фенілпропенова) 491, 534, 595, 605
коркова (октандіова) 490
кротонова (*транс*-бут-2-енова) 489, 582, 593
лактобіонова 947
лауринова (додеканова) 487
лимонна 634, 658
ліноленова (*цис*-*цис*-*цис*-октадека-9,15,16-триєнова) 489, 582, 657
Льюїса 244, 246, 247, 253, 347, 351
малеїнова (*цис*-бутендіова) 490, 616, 620-623, 625, 657
малонова (пропандіова) 490, 607, 612, 615, 738
мальтобіонова 945
масляна (бутанова) 484, 487, 549
метакрилова (2-метилпропенова) 489, 582, 593, 657
молочна 551
мурашина (метанова) 484, 487, 492, 658
нітролова 674
олеїнова (*цис*-октадец-9-єнова) 489, 582
оцтова (етанова) 166, 210, 480, 484, 487, 492, 612, 615, 657, 658
пальмітинова (гексадеканова) 487, 492
пікринова 388, 1099
пімелінова 564, 612
піровиноградна 566, 657
прокатехова (3,4-дигідроксибензойна) 561
пропанова 487
пропінова (пропіолова, пропаргілова) 489
протокатехова 402
саліцилова (α-гідроксибензойна) 391, 561, 658
себацилова (додекандіова) 490
сечова 875, 876
сорбінова (гекс-2,4-дієнова) 489
стеаринова (октадеканова) 487, 492
сукцинамова (амід бурштинової кислоти) 617
сульфанілова (*п*-аміносульфобензойна) 700, 742
сульфенова 750, 765
сульфінова 750, 765, 775
сульфонова 750, 768, 770
терефталева (терефталатна, бензен-1,4-дикарбонова) 249, 491, 630
тетрагідросаліцилова 564
тетрилова (бут-2-інова) 489
п-толуїлова (4-метилбензоатна) 491
фенілоцтова (фенілетанова) 491, 605, 657
фосфінова 813
фосфонова 812
фталамінова 741
фталева (фталатна, бензен-1,2-дикарбонова) 491, 630, 633, 657, 905
фталімінова 631
фумарова (*транс*-бутендіова) 490, 620-625
хінолінова 862
хлормурашина (хлоркарбонатна) 636, 637
хлоросульфонова 245
хлороцтова 615
целобіонова 946

ціанова 635, 655
цінхомерова 862
щавлева (етандіова, оксалатна) 249, 371, 490, 607, 612, 615, 658, 923
яблучна 622, 625, 634, 658
Кислоти нуклеїнові 1027, 1038
ДНК 940,1039
РНК 1039, 1048, 1051
Кислоти
α-амінокарбонові 727-728
аліфатичні моногідроксикарбонові 552
альдарові 923
альдонові 923
аміноаренокарбонові 741
амінокарбонові 724
ароматичні дикарбонові 626
ароматичні карбонові 596
галогенокарбонові 544
гідраксамові 672
гідроксикарбонові 544
дикарбонові 606
жирноароматичні 605
ненасичені монокарбонові 582
нітробензойні 741
оксокарбонові 566
Кислотний синій антрахіноновий 3 1102
Кислотність 84, 204, 346, 366, 386, 401, 496, 554, 563, 569, 585, 600, 611, 629
Клас 11
Класифікація
реакцій 91
речовин 48
Кобаламіни (вітамін B_{12}) 1070
Кокаїн 1079
Кокулін 1088
Кокулолідин 1088
Колоксилін 956
Колхамін 1088
Колхіцин 1088
Комплекс активований 170
Конденсація 674, 842, 847
альдольна 355, 455, 456, 933
Кляйзена 525, 526
кротонова 457
перехресна альдольно-кротонова 458
перехресна Кляйзена 526
Перкіна 534
термічна 836
Коніїн 1076
Конфігурація 24, 25
абсолютна 30
відносна 30
E- та *Z*- 33
R- та *S*- 27

Конформація 24, 34
Кофактор 1071
Кофеїн 876, 1084, 1087
Краун-етери 430
Крезоли 378, 382, 383, 398
Кринін 1087
Крохмаль 949
Ксантогенат 957
Ксилени 229, 239, 240, 252
м-ксилен 69, 241
о-ксилен 69, 241, 633
п-ксилен 69, 241, 630
Ксилоза 912
Ксилулоза 913, 914
Кумен (кумол, ізопропілбензен) 70, 239, 240, 256, 397
Кумулени (алени) 175, 176, 222
Купрум гліколят 367
Кут валентний 37
Лавсан 629
Лактам 734, 739
Лактоза 943
Лактони 556, 590, 934
Ланка структурна 881
Лікоподин 1078
Лікоренін 1087
Лікорин 1087
Ліксоза 912
Лімонен 993
Ліпіди 958
Ліпіди складні 972, 984
Ліпоєва кислота (вітамін N) 1057
Лобелін 1076
Локант 52, 56, 61-63
Мальозонід 166
Мальтоза 943, 945
Маноза 912, 939
Матрин 1085
Мезитилен (1,3,5-триметилбензен) 240, 241
Мезоформа 32
Мелікопідин 1089
Мелікопін 1089
Мелікопіцин 1089
Ментол 993
Ментон 993
Меркаптид 749
2-Меркаптотолуол 742
Мескалін 1090
Метан 66, 132, 134
Метил-3-етилбензоат 513
Метиламін (метанамін) 679, 688
Метиленовий блакитний 1101
S-Метилметіонін (вітамін U) 1059

2-Метил-2-нітропропан 661, 673
Метиловий оранжевий 716, 1099
Метилсульфонілметан 759
Метилтіобензен 755
Метилтіометан 755
Метилтрихлоросилан 800
Метилфосфін 807
Метилциклогексан 252
5-Метилцитозин 1029
Метод
Буво-Блана 356, 372
Воля 935
діазометод (О. Нєсмєянов) 784
Дюма 114, 519
Кьєльдаля 114
Піріа 519
Руффа 935
Фішера-Тропша 144, 145
Циглера-Натта 355
Шоттена-Баумана 693
Метоксиетан 420
Метоксиметан 420, 421
3-Метоксипіридин 1076
Механізм реакції 99
алкілування аренів 247
альдольної конденсації 456
ацилювання аренів 246
галогенування аренів 246
гідролізу естерів 523
дегідратації спиртів 170, 427
електролізу солей карбонових кислот 147
електрофільного заміщення 232, 285
електрофільного приєднання 158, 159, 183, 200, 261, 586
елімінування 171, 352
елімінування-приєднання 323
естеріфікації 498
естерної конденсації 525
кето-енольної таутомерії 476
конденсації Перкіна 534
нітрування аренів 245
нуклеофільного заміщення 304-306, 322, 349, 350
нуклеофільного заміщення в ацильній групі 517
нуклеофільного приєднання 201
переестерифікації 524
полімеризації 896
полімеризації аніонної 901
полімеризації катіонної 900
полімеризації радикальної ініційованої 897, 898
приєднання-відщеплення 497
радикального заміщення 138-141, 250
радикального приєднання 165, 185, 202, 262
реакції Канніццаро 464

розщеплення 425
сульфування аренів 245
Мила 1105
Міо-інозитол (вітамін B_8) 1063
Моноетилглутарат 617
Мономер 895
Моносахариди 907, 908
Монотерпени 992-995
Морфін 1084
Мутаротація 918, 944-947
НАД 939
НАДФ 939
Напівестери 639, 640
Напрямок реакції 99
Насиченість 82
Натрій 2-етил-3-метилбутаноат 512
Натрій азид 723
Нафтален 71, 229, 281-290, 633
Нафтален-1-сульфокислота 288
Нафтіламін 679
Нафтоли 336, 378, 380-382
Нафтоловий жовтий 1099
1,4-Нафтохінон 289
Ненасиченість 82
Неролідон 995
Нікотин 1077
Нікотинова кислота, нікотинамід (вітамін РР) 1067
Нінгідрин 740, 1025
Нітрил 303, 507, 510
Нітробензен 236, 661, 663, 698
Нітрогеновмісні сполуки 659
N-Нітрозоамін 696
Нітрозобензен 698
Нітрозосполуки 660
2-Нітронафтален 668
Нітросполуки 664
о-Нітротолуен (1-метил-2-нітробензен) 668
Нітрофеноли 388, 393, 661
Новолак 906
Номенклатура 51
IUPAC 52
раціональна 51
тривіальна (історична) 51
Нонан 132
Нуклеозид 1023, 1032
Нуклеотид 1023, 1034, 1036
Нуклеофіли 87
Нуклеофільність 88
Озазон 926, 936, 945, 947
Озон (кетоальдегід) 936
Озонід 166
Окис етилену (оксиран) 818

Окис мезитилу 457
Окиснення 96
Оксазол 844, 847
N-Оксид 863
N-Оксид хіноліну 862
Оксим 454, 479, 662, 698
Оксиран (епоксиетан, оксид етилену, етиленоксид) 430-432
Октан 132
Олігосахариди 907, 942
Олія 962, 969
Оранжевий І 1099
Органічна хімія 14
Оротова кислота (вітамін B_{13}) 1068
Ортоестери 639, 640
Основи
    гетероциклічні 1028-1030
    піримідинові 1029
    пурінові 1029
    Шиффа (альдемін) 454, 694
Основність 84, 88, 346, 411, 649, 691
Оцимен 990
Оцтовий альдегід (ацетальдегід, етаналь) 173, 210
Пангамова кислота (вітамін B_{15}) 1058
Пантотенова кислота (вітамін B_3) 1059
Папаверин 1084
Пеганін 1086
Пеларгол 81
Пеніклавін 1082
Пентаацетилглюкоза 928
Пентадієни
    пента-1,2-дієн 175
    пента-1,3-дієн 175, 180
    пента-1,4-дієн 175
Пентаметилглюкоза 928
Пентан 132
Пентени 151, 153, 162, 167
Пентини 193, 195
Пентоза 909
Пептиди 733, 1008
Перегонка 109
    з водяною парою 109
    під вакуумом 109
    проста 109
    ректифікація 109
Сублімація 110
Перекристалізація 110
Пероксид бензоїлу 898
α-Піколін (α-метилпіридин) 817, 850
Пілокарпін 1089
Пінаколін 369
Пінан 994
Пінени 994

Піперазин 863
Піперидин 853
Піразин 864, 870
Піразол 838, 878, 879
Піразолідин 841
Піразолін 841
Піран 917
Пірани 849, 857
Пірен 281
Піридазин 864, 870
Піридин (азин) 817, 818, 820, 849, 850, 878, 879
Піридоксол (вітамін B_6) 1067
Піримідин (1,3-діазин, *м*-діазин) 818, 820, 864, 870, 871, 878, 879
Пірокатехол (пірокатехін, бензен-1,2-діол) 381-383, 400-402
Піроксилін 480, 956
Пірол (азол) 817, 819, 824, 828, 878, 879
Піролідин (азолідин, тетрагідропірол) 819
Пірони 856
Плазмологени 980
Поверхневоактивні речовини 1103
    амфоліти 1108
    катіоноактивні 1108
    неіоногенні 1108
Поліамід 616, 903
Полібутадієн 191
Полівінілхлорид 881, 891
Полігалогенопохідні вуглеводнів
    віцінальні 327-328
    гемінальні 327
Полігідрокси-γ-лактони 1058
Поліестери 903
Поліетилен 173, 790, 891, 896
Поліетиленоксид 891
Полікарбонати 891
Полісахариди 907, 949
Полісилоксан 804
Полістирен 262, 897
Політерпени 998
Поліхлоропрен (неопрен) 191
Поляриметр 79
Полярність зв’язку 37
Порфін 872, 877
Похідні карбонатної кислоти 635
Правило
    Вагнера-Попова 462
    Ельтекова-Ерленмейєра 477
    Зайцева 171, 352
    Кана-Інгольда-Прелога 27
    Марковникова 159, 200, 311, 357
    складання схем синтезу 104
    старшинства 57

Хюккеля 83, 231
Чаргаффа 1041, 1043
Принцип
заміщення 52
найменших локантів 56, 64
Проба
Байєра 166
Бейльштейна (на галогени) 113, 331
Вагнера 331
йодоформна (галоформна) 376, 479
Ласеня 331
Лукаса 376
на Карбон і Гідроген 113, 114
на Нітроген і Сульфур 113, 114
Хінсберга 706
Проекції
Ньюмена 34
перспективні 34
Фішера 915, 916
Проламіни 1008
Пропа-1,2-дієн 175
Пропан 132, 134, 220
Пропан-1-сульфокислота 220
Пропаноли 165, 170, 173
Пропанонітрил 512
Пропілбензен 240
Пропілен (пропен) 68, 151, 154, 170, 173
Пропілен оксид 432
Пропіллітій 784
Пропілнатрій 784, 785
Пропін (метилацетилен) 193, 196
Протаміни 1008
Протеноїди 1009
Протони еквівалентні 118
Протравний зелений 1099
Птеридин 1069
Пурин (імідозоло[4,5-d]піримідин) 822, 873, 878
Путресцин 683
Радикал
бензоїл 898
феніл 898
Реактиви
Гріньяра 146, 307, 358, 435, 453, 468, 508, 524, 530, 538, 541, 782, 810
Іоцича 204, 206, 208, 625, 793
Лукаса 349
Нормана 782
Толленса 461, 506, 924, 945
Троммера 460
Фелінга 460, 506, 924, 945
Швейцера 954
Реакції
вулканізації 894

гетерополіконденсації 903
гомополіконденсації 903
макромолекулярні 894
поліконденсації 895, 903
полімераналогічні 893
полімеризації 895, 896
полімеризації аніонної 901
полімеризації йонної 899
полімеризації катіонної 900
полімеризації радикальної ініційованої 897
Реакція 100
автоокиснення 426
азосполучення 715
алільного заміщення 167
алкілування 244, 247, 253, 273, 280, 294, 319, 390, 542, 650, 652, 704, 732, 782, 810, 854, 861, 957
алкілування за Гофманом 704
алкоголізу 93, 314, 524, 530, 533, 631, 637
амонолізу 93, 314, 523, 530, 533, 631, 637, 737
ацилювання 244, 246, 287, 391, 470, 530, 533, 577, 603, 650, 693, 672, 956
Бідженеллі 871
бімолекулярна 95
біуретова 1024
Вагнера 166, 172, 190
Ваузена 1025
взаємоперетворення 623
відновлення 90, 146, 163, 169, 186, 189, 215, 220, 224, 225, 248, 253, 254, 280, 289, 293, 294, 307, 356, 373-374, 395, 460, 463, 478, 501, 527, 530, 538, 570, 662, 673, 702, 703, 735, 760, 768, 775, 804, 836, 853, 862, 922
відновлення за Кіжнером-Вольфом 463
відновлення за Клемменсенем 463
відновлення за Роземундом 470
Вільямсона 411
Віттіга 808, 813
Вюрца 144, 147, 307
Вюрца-Гріньяра 251, 254
Вюрца-Фіттіга 251, 254, 810
галогенування 138, 158, 184, 200, 220, 244, 246, 248, 250, 288, 314, 319, 329, 389, 459, 502, 549
галоформна 462
Гаттерманна 712
Гель-Фольгарда-Зелінського 502, 549
гетеролітична 92
гідратації 93, 160, 184, 201, 314, 354, 373, 468, 622
гідроборування-окиснення 357
гідрогенгалогенування 93, 160, 165, 184, 200, 220, 261, 314, 329
гідрогенізації 145
гідролізу 93, 146, 314, 354, 357, 373, 374, 398, 426, 470, 507, 508, 523, 530, 533, 537, 541, 560, 574, 614, 624, 630, 631, 637, 644, 649, 672, 721, 737, 775, 776, 777, 894, 932, 951, 955, 967
гідросилювання 805
гідроформілювання (оксосинтез) 164, 355, 469

гідрування 93, 163, 169, 186, 189, 202, 220, 224, 248, 253, 261, 289, 452, 559, 623, 826, 868, 968
гомолітична 92
Гріньяра 794
дегалогенування 93, 169, 208, 328
дегідратації 93, 170, 189, 265, 352, 369, 427, 500, 535, 537, 542, 556, 625, 633, 925
дегідрогенгалогенування 93, 171, 189, 208, 265, 328, 592
дегідроциклізації 254, 290, 294
дегідрування 93, 141, 169, 189, 224, 265, 348, 466
декарбоксилювання 147, 402, 503, 519, 520, 548, 571, 735, 831
декарбонілювання 572
Дільса-Альдера (дієновий синтез) 83, 185, 190, 290, 590, 828
Дюма 144, 147
електролізу 147
електрофільна 94
елімінування 93, 141, 169, 170, 171, 189, 208, 264, 265, 311, 312, 314-316, 328, 352
епімерізації 925
епоксидування 166
естерифікації 347, 368, 498, 733
заміщення 93, 138-141, 167, 204, 224, 232-238, 244, 250, 253, 263, 271, 274, 278, 280, 287, 288, 292, 294, 303, 307, 308, 314-316, 320, 321, 324, 326, 328, 329, 347, 349, 350, 351, 370, 388-393, 712, 713
Зандмейєра 712
ізомеризації 141, 167, 265, 662
ізонітрильна 700
Канніццаро 464
карбоксилювання 506, 604, 625
карбонілювання 205, 508, 614
кислотно-основна 96, 346, 386, 411
Кляйзена 641
Кляйзена-Тищенко 464
коксування 252
Кольбе 144, 147, 391, 519
Кольбе-Шмідта 565
Корі-Хауса 144, 146
крекінгу 143, 145, 169
ксантопротеїнова 1024
Кучерова 201
Львова 315
металування 785
нінгідринова 1029
нітрозування 392
нітропрусидна 1026
нітрування 139, 244, 245, 287, 319, 676, 956
нуклеофільна 94
озонолізу 166, 186, 249, 469, 623
окиснення 90, 163, 186, 203, 207, 215, 221, 224, 227, 249, 263, 274, 278, 289, 293, 348, 371, 373, 395, 401, 437, 460-462, 466, 478, 500, 505, 506, 555, 559, 592, 603, 614, 624, 625, 630, 633, 662, 663, 698, 699, 750, 764, 768, 773, 836, 853, 857, 862, 868, 923, 924
окисно-відновна 96
Паулі 1026
перегрупування 93, 224, 225, 237

перегрупування Арбузова-Міхаеля 812-813
перегрупування Гофмана 538, 741
перегрупування Лобрі-де-Брютна-ван-Екенштейна 925
перегрупування пінаколінове 369
перегрупування Фріса 387, 467
поліконденсації 613, 629, 652
полімеризації 162, 187, 203, 262, 271, 311, 314, 590
полімолекулярна 95
приєднання 93, 158-165, 183-185, 200-203, 205, 220, 221, 222, 262, 308, 311, 312, 314, 326, 329, 428, 452, 541, 587, 588, 589, 622, 752, 790, 793
приєднання з відщепленням 454, 497
приєднання за Міхаелем 589
Прілєжаєва 166
Прінса 164
радикальна 94
Реймера-Тімана 392, 469
Реппе 205, 593
Реформаторського 560
риформінгу 252
розділення за Хінсбергом 694
розкладу 721
розщеплення 189, 425, 468, 469, 557, 579, 716
розщеплення за Гофманом 704
самоконденсації 870
сульфоокиснення 140, 772
сульфохлорування 141, 772
сульфування 141, 160, 220, 244, 245, 288, 319, 773
тозилування 694
Ульмана 271
Фаворського 205
Фінкельштейна 308
Фріделя-Крафтса 632, 853
Циглера 799
циклізації 222, 225, 226, 572, 830, 836, 847
циклоприєднання (перициклізація) 93
Чічібабіна 854, 861
Шиманна 713
Резерпін 1081
Резит 906
Резол 906
Резорцинол (резорцин, бензен-1,3-діол) 381-383, 400-402
Ренатурація 1018, 1046
Реплікація 1047
Ретинол (вітамін А) 996, 1061
Ретронецин 1075
Рефрактометр 80
Рибоза 912, 920, 939, 1031
Рибофлавін (вітамін B_2) 1070
Рибулоза 913, 914
Рицинін 1076
Розетол 81
Розщеплення сигналів 121

Рутин 1066
Ряд гомологічний 20
Салол 563
Сахароза 932, 943, 944
Седамін 1076
Семікарбазон 454, 479
Сечовина (карбамід) 635, 637, 642, 647-653
Сила
    кислот 86
    основ 85
Силандіоли 804
Силани 804
Синє-фіолетовий Руемана 740
Синтез 103
    Вільямсона 387, 428
    Габріеля 704, 737
    Ганча 855
    Дебнера-Мілера 863
    Кіліані-Фішера 934
    конвергентний 105
    лінійний 105
    Родіонова 738
    Скраупа 863
    Штрекера 738
    твердофазний 1022
Синтол 355
Сіль четвертинного амонію 692
Сірчистий чорний 1102
Сквален 997
Склад 18
Смола
    сечовиноформальдегідна 652
    фенолоформальдегідна 393, 480, 906
Соланін 1085
Солі діазонію 398, 708
Солі пірилієві 856
Сорбіт 936
Сорбоза 913, 914
Спаргеїн 1085
Спектроскопія
    ІЧ 123
    мас-125
    УФ 125
    ЯМР 117
Спирти 335
    аліловий (проп-2-ен-1-ол) 339, 374
    аміловий (пентан-1-ол) 337, 339
    бензиловий 337
    бутан-1,4-діол 205, 340
    бутиловий (бутан-1-ол) 335, 343, 357
    вініловий (етенол) 339

вищий 971
втор-бутиловий (бутан-2-ол) 339, 343
гліколі 166, 340, 362, 363
гліцерол (гліцерин) 337, 340, 362, 377
діацетоновий 455
етиленгліколь (етандіол) 173, 337, 340, 362, 377, 436
етиловий (винний, етанол) 173, 337, 339, 341, 354, 377, 480
ізобутиловий (2-метилпропан-1-ол) 339, 343, 357
ізопропіловий (пропан-2-ол) 339, 355
метиловий (деревинний, карбінол, метанол) 337, 339,341, 355, 377
неопентиловий ((2,2-диметилпропан-1-ол) 339, 349
пропаргіловий (проп-2-ін-1-ол) 205, 339
пропіловий (пропан-1-ол) 339, 355, 357
трет-бутиловий (2-метилпропан-2-ол) 339
цетиловий 337
циклопента-1,2-діол 227
Сполуки
алюмінійорганічні 795
гетероциклічні 814
елементорганічні 778
літійорганічні 788
магнійорганічні 204, 604, 753, 769, 792
макроергічні 1037
металоорганічні 787
силіцийорганічні 800
Стан
ізоелектричний 1017
перехідний 101, 102
Стеран 999
Стереохімія 24
Стериди 999
Стерин 1000
мікостерини 1000
фітостерини 1000
Стероїди 999
Стильбен (1,2-дифенілетилен) 268
Стирен (вінілбезен, стирол) 229, 241, 256, 257, 259, 263, 897, 901
С-токсиферин 1082
Стрихнін 1081
Структура
білкової молекули 1011-1014
гібридна 177
ДНК 1042-1045
резонансна 232, 234, 279, 285, 719
родоначальна 52, 56-59
Ступінь полімеризації 881
Сукцинімід 617
Сульфаніламід 742
Сульфатиди 988
Сульфід 303, 754
Сульфінілхлорид 768
Сульфонаміди 777

Сульфони 756, 762, 764
Сульфооксиди 756, 758
Сульфоропохідні вуглеводнів 744
Сульфохлориди 775, 777
Суміш нітрувальна 245
Сфінгофосфоліпіди 983
Табун 812
Тагатоза 913, 914
Талоза 912
Тартрати 634
Таутомерія 22
    амідо-імідольна 23
    аци-нітро 671
    валентна 23
    імін-енамінна 23, 1030
    кето-енольна 23,361, 475-477, 571, 925, 1058
    лактим-лактамна 23, 734, 1030
    нітрозо-оксимна 23
    нітро-ізонітро 23
    цикло-ланцюгова 23, 917
Теобромін 1087
Теорія
    напруження А. Байєра 214
    напруження циклів 215
    резонансу 46, 177
Теофілін 1087
Терпени 990
Терпінени 993
п-Терфеніл 268
Тетрагідрофуран (ТГФ, оксалан) 418, 419, 430, 782, 819
1,2,3,4-Тетрагідрохінолін 862
Тетралін (1,2,3,4-тетрагідрогеннафтален) 289
Тетраметилсілан 119
Тетраметилстанум 784
Тетратерпени 997
Тимін 869, 1029, 1052
Тимол 403
Тіаамід 847
Тіазол 844, 846, 847, 1068
Тіамін (вітамін B_1) 1068
Тіоестер 749
Тіоли 745
Тіоспирт (тіол) 752, 764, 773, 775
Тіофен (тіол) 817, 818, 819, 824
Тіофенол 321, 745, 753
Тіоціонат 303
Тозилхлорид 694
Токофероли (вітамін Е) 1065
Толуен (метилбензен) 229, 235, 239, 241, 252, 256
о-Толуїдин 683
Томатидин 1003
Трегалоза 944

Триетилалюміній 784, 787
Триетилсилан 800
2,2,4-Триметилпентан 161
1,3,5-Триоксан 430
Тритерпени 997
Трифеніл 229
Трифенілметан 268, 275-280
Трифенілсиланол 800
Тропін 1079
Убіхінони (вітамін Q) 1064
Урацил 869, 1029, 1030
Уреїд 650
Уретан (етилкарбамат) 635, 637, 642, 645
Фактор енергетичний 100
Фарнізол 995
Фенантрен 291-294
9,10-Фенантрахінон 293
Фенілазид 723
n-(Фенілазо)бензенсульфокислота 716
Фенілацетилен (етинілбензен) 229, 241, 265
Фенілгідразон 836
Фенілгідроксиламін 663, 673
Фенілдіазонійхлорид 715
Фенілетанол 81
Фенілнатрій 785
Фенілпропени 264, 265
Фенілпропіни 266
Фенілпропіонат (феніловий естер пропіонової кислоти) 511
Фенілтіобензен 755
Фенол 321, 336, 378, 381, 382
Фенолсульфокислоти 388
Фенолфталеїн 632, 1100
Феноляти 404
Фізостигмін 1080
Філохінон (вітамін К) 1064
Фільтрування 108
Фітол 996
Флаван 1066
Флавон 1066
Флуоресцеїн 1100
Фолієва кислота (вітамін B_c) 1069
Формамід 516
Формула
    гібридна 47
    електронна 47
    загальна 20
    Кекуле 223
    клиноподібна 25
    Коллі-Толленса 917, 920
    Льюїса 47
    мезомерна 47
    молекулярна (брутто) 18

резонансна 47
структурна 20
Фішера 25, 28, 29, 911
Хеуорса 919,920
Фосген (карбонілхлорид) 635, 636, 638
Фосфатидилетаноламін 978
Фосфатидилінозитоли 981
Фосфатидилсерин 979
Фосфатидилхолін 974-976
Фосфіни 806, 808
Фосфіноксид 809
Фосфіноксиди третинні 813
Фосфоліпіди 973
Фосфорани 808
Фреони 295, 333
Фруктоза (левульоза) 911, 913, 914, 917-920, 938
Фталімід 634
Фтороформ 298
Фуран (оксол) 419, 817, 819, 824, 828, 917
Фурангуланін 1086
Фурфурол 831, 879, 925
Характеристичні частоти поглинання 123-124
Хелат 731, 740
Хінін 1083
Хінолін (бензено[2,3-b]піридин) 817, 822, 859, 878, 879
Хітин 940
Хлорангідридоцтової кислоти 529
Хлорметан 333
Хлороацетилен 316
Хлоробензен 256, 295, 300
Хлороетан 333
Хлорофіл 877
Хлороформ (трихлорометан) 295, 298, 333
Холестерин (холестерол) 1000
Холін (вітамін B_4) 1060
Хризоїдин 1099
Хроматографія 111, 126-129
Хромофори 80, 1094
Целобіоза 943, 946
Целофан 957
Целюлоза 881, 894¸953
Центрифугування 108
Цереброзиди 986
Циклоалканоли 361
Циклоалкеноли 361, 616
Циклобутан 220, 221
Циклогексан 214, 223, 225, 616
Циклогексанол 395
Циклогептан 223
Циклогептанон 225
Циклоокта-1,3,5,7-тетраєн 203
Циклооктан 226

Циклопентан 214, 225
Циклопентен 227
Циклопропан 214, 221
n-Цимол (1-ізопропіл-4-метилбензен) 241
Цитидин 1085
Цитозин 869, 1029, 1030, 1052
Ціанамід 635, 642, 646, 653
Ціанарен 321
Ціангідрин 934
Ціангідрин ацетону 594
Частинка проміжна 101, 102
Числа жирів 970
Число протонів 121
Число сигналів 118
Чотирихлористий вуглець (тетрахлорометан) 295, 298, 333

Навчальне видання

Речицький О.Н., Решнова С.Ф.

ОРГАНІЧНА ХІМІЯ В СХЕМАХ

Частина 3

Навчальний посібник

ISBN

Підписано до друку .
Формат 60×84 1/16. Папір офсетний.
Друк цифровий. Гарнітура Times New Roman.
Умовн. друк. арк. 25,34. Наклад 300.

Видруковано в Херсонському державному університеті.
Свідоцтво серія ХС № 69 від 10 грудня 2010 р.
Видано Управлінням у справах преси та інформації облдержадміністрації.
73000, Україна, м. Херсон, вул. 40 років Жовтня, 4.
Тел. (0552) 32-67-95.

1150