

**М. І. Ганущак, В. В. Карп'як**

**ФУНКЦІОНАЛЬНІ ПОХІДНІ  
КАРБОНОВИХ ТА ВУГІЛЬНОЇ  
КИСЛОТ**



**Львів**  
**Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка**  
**2002**

Міністерство освіти і науки України

Львівський національний університет імені Івана Франка

М.І.Ганущак, В.В.Карп'як

**ФУНКЦІОНАЛЬНІ ПОХІДНІ КАРБОНОВИХ  
ТА ВУГІЛЬНОЇ КИСЛОТ**

Навчальний посібник

*Рекомендовано  
Міністерством освіти і науки України  
як навчальний посібник для студентів  
хімічних спеціальностей університетів*

Львів  
Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка

2002

ББК Г 236 я 73-1 + Г 246.4 я 73-1  
УДК [547.29 + 547.46 + 547.49] (477) (075)  
Г-19

**Ганушак М.І., Карп'як В.В.** Функціональні похідні карбонових та вугільної кислот: Навчальний посібник. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2002. – 292 с.

Розглянуто номенклатуру, будову, методи одержання та хімічні властивості моно- і дикарбонових кислот, найважливіших функціональних похідних карбонових та вугільної кислот.

Для студентів хімічних спеціальностей університетів, аспірантів, може бути корисним для викладачів та науковців, які спеціалізуються в галузі органічної хімії.

Рецензенти: д-р хім. наук, проф. М.Ю.Корнілов (Київський Національний університет імені Тараса Шевченка);  
д-р хім. наук, проф. В.О.Федорова (Національний університет «Львівська політехніка»)

Редактор Т.А.Веремчук  
Коректор М.В.Ревега

ISBN 966-613-150-1

© М.І.Ганушак, В.В.Карп'як, 2002

## ВІД АВТОРІВ

Карбонові кислоти та їхні функціональні похідні займають одне з найважливіших місць в курсі органічної хімії, ілюструючи тісний взаємозв'язок між різними класами сполук. У наявних підручниках та посібниках цей розділ традиційно розглядається з акцентом на карбонові кислоти. На наш погляд, це є певним недоліком, оскільки важливість функціональних похідних карбонових кислот є очевидною. Це стосується і похідних вугільної кислоти. Тому автори запропонованого читачам посібника побачили своїм завданням доповнити існуючий у підручниках матеріал, зробивши наголос на функціональних похідних кислот.

Структура посібника така: у розділах 1 і 2 розглядаються моно- і дикарбонові кислоти, розділи 3–14 присвячені основним функціональним похідним карбонових кислот. У розділі 15 коротко розглядаються спектральні властивості карбонових кислот та їхніх похідних, а в 16 розділі, який є найбільшим за обсягом, розглянуто похідні вугільної кислоти.

Автори висловлюють щирю вдячність рецензентам посібника – професору Корнілову М.Ю. (Національний університет імені Т.Г.Шевченка, м. Київ) і професору Федоровій В.О. (Національний університет «Львівська політехніка»). Автори вдячні також доценту Гупалу О.П. (Львівський державний лісотехнічний університет) та старшому викладачеві Климу М.І. (Національний університет «Львівська політехніка») за критичні зауваження, які було враховано при підготовці до видання цього посібника.

М.І.Ганушак  
В.В.Карп'як

## ВСТУП

Карбоновими кислотами називають похідні вуглеводнів, які містять у своєму складі карбоксильну групу COOH.

Залежно від природи вуглеводневого радикала, з яким зв'язана карбоксильна група, виділяють *аліфатичні*, *аліциклічні* і *ароматичні* карбонові кислоти. Відповідно до кількості карбоксильних груп кислоти поділяють на *монокарбонові* (які містять одну групу COOH), *дикарбонові* (дві), *трикарбонові* (три) і *полікарбонові* (понад три). Аліфатичні карбонові кислоти класифікують за ступенем насиченості вуглеводневого радикала на *насичені* і *ненасичені*.

У результаті заміщення атомів кисню і водню карбоксильної групи на інші атоми чи групи атомів утворюються *функціональні похідні* карбонових кислот, найважливішими з яких є галогенангідриди, ангідриди, естери, амідні, гідразиди, азиди, гідроксамові кислоти, нітрили та ін.

### Основні функціональні похідні карбонових кислот

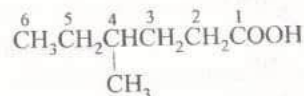
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C} \\   \\ \text{O}^- \text{M}^+ \end{array}$	сіль	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C} \\   \\ \text{Hal} \end{array}$	ацилгалогенід
$\begin{array}{c} \text{R} \quad \text{R} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{O}=\text{C} \quad \text{O}=\text{C} \\   \quad   \\ \text{O} \quad \text{O} \end{array}$	ангідрид	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C} \\   \\ \text{OR}' \end{array}$	естер
$\begin{array}{c} \text{OR}' \\   \\ \text{R}-\text{C}-\text{OR}'' \\   \\ \text{OR}''' \end{array}$	ортоестер	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C} \\   \\ \text{NR}'\text{R}'' \end{array}$	амід
$\begin{array}{c} \text{R} \quad \text{R} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{O}=\text{C} \quad \text{C}=\text{O} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{N} \end{array}$	імід	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C} \\   \\ \text{NHNH}_2 \end{array}$	гідразид

$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C} \\   \\ \text{N}_3 \end{array}$	азид	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C} \\   \\ \text{NHOH} \end{array}$	гідроксамова кислота
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C} \\   \\ \text{OOH} \end{array}$	перокси кислота	$\begin{array}{c} \text{R} \quad \text{R} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{O}=\text{C} \quad \text{O}=\text{C} \\   \quad   \\ \text{O} \quad \text{O} \end{array}$	пероксид ацилу
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C} \\   \\ \text{OOR}' \end{array}$	пероксиестер	$\begin{array}{c} \text{NH} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C} \\   \\ \text{Hal} \end{array}$	імідоїгалогенід
$\begin{array}{c} \text{NH} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C} \\   \\ \text{OR}' \end{array}$	імідат	$\begin{array}{c} \text{NH} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	амідин
$\begin{array}{c} \text{NOH} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	амідоксим	$\begin{array}{c} \text{NNH}_2 \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	амідразон
$\text{R}-\text{C}\equiv\text{N}$	нітрил	$\text{R}-\text{N}=\text{C}$	ізонітрил
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C} \\   \\ \text{SH} \end{array}$	тіолкарбонова кислота	$\begin{array}{c} \text{S} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C} \\   \\ \text{SH} \end{array}$	дитіокарбонова кислота
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C} \\   \\ \text{SR}' \end{array}$	тіолестер	$\begin{array}{c} \text{S} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C} \\   \\ \text{SR}' \end{array}$	дитіоестер
$\begin{array}{c} \text{S} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	тіоамід	$\begin{array}{c} \text{S} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C} \\   \\ \text{NHNH}_2 \end{array}$	тіогідрозид

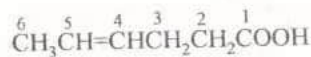
## Розділ 1 МОНОКАРБОНОВІ КИСЛОТИ

### 1.1. НОМЕНКЛАТУРА

За замісничовою номенклатурою наявність карбоксильної групи COOH в молекулі кислоти позначають закінченням *-ова кислота* або *-карбонова кислота*. У першому випадку атом вуглецю карбоксильної групи входить до складу вуглецевого скелета родоначальної структури:



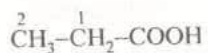
4-метилгексанова кислота



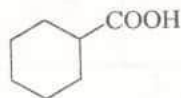
4-гексенова кислота

Утворюючи назви аліфатичних карбонових кислот за цим підходом, нумерують ланцюг завжди так, щоб карбоксильна група мала найменший цифровий локант. Цього ж принципу дотримуються і в разі утворення назв похідних карбонових кислот.

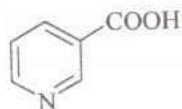
У другому випадку атом вуглецю карбоксильної групи додають до вуглецевого скелета родоначальної структури:



етанкарбонова кислота

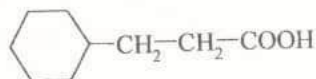


циклогексанкарбонова кислота



3-піридинкарбонова кислота

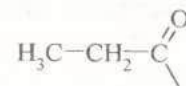
Якщо карбоксильна група відокремлена від циклічної системи вуглеводневим ланцюгом, то таку кислоту називають як похідну ациклічної системи (а), або ж використовують сполучну номенклатуру (б):



циклогексилпропанова кислота (а)

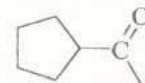
циклогексанпропанова кислота (б)

Якщо назва кислоти утворена шляхом додавання закінчення *-ова кислота*, то назву одновалентного радикала, утвореного видаленням гідроксилу від карбоксильної групи, будують, замінюючи закінчення *-ова кислота* на *-оїл*.



пропанойл

Якщо ж назва кислоти утворена додаванням закінчення *-карбонова кислота*, то назву радикала, утвореного шляхом видалення гідроксилу від карбоксильної групи, будують, замінюючи закінчення *-карбонова кислота* на *-карбоніл*:



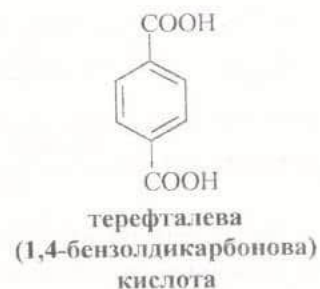
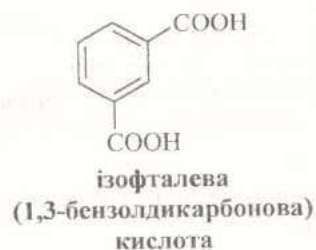
циклопентилкарбоніл

Для багатьох карбонових кислот за правилами IUPAC можна використовувати тривіальні назви, які походять з латинської або грецької мов і означають їхні природні джерела (див. табл. 1, стор. 9): метанову кислоту ще називають *мурашиною* (лат. *formica* – мурашка); етанову кислоту частіше називають *оцтовою* (лат. *acetum* – оцет); бутанова (*масляна*) кислота знаходиться в старому маслі (лат. *butyrum* – масло). Пентанова кислота міститься у лікарській рослині валер'яні, тому її ще називають *валер'яноюю*. Гексанова кислота міститься в козячому жирі, звідки походить назва *капронова кислота* (лат. *capra* – коза).

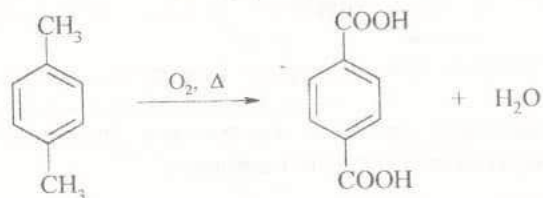
#### ■■■ Задача 1.1

Назвіть за номенклатурою IUPAC такі сполуки:

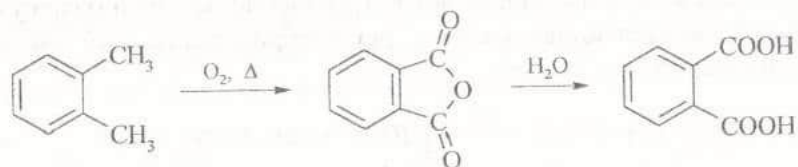
- |                                                                |                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| а) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{COOH}$ ; | г) $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ ; |
| б) $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{COOH}$ ;           | д) $\text{CH}_3\text{CH}=\text{C}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{COOH}$ .            |
| в) $\text{BrCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ ;          |                                                                                    |



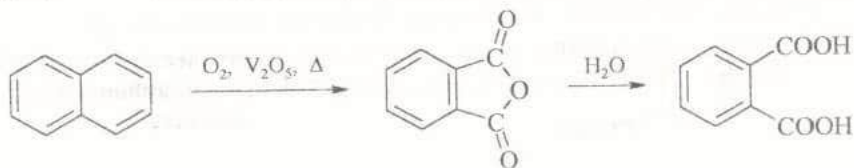
Головним методом одержання ароматичних карбонових кислот є каталітичне окиснення ксилолів киснем повітря. Наприклад, у результаті окиснення *p*-ксилолу утворюється терефталева кислота:



У процесі окиснення *o*-ксилолу спочатку утворюється фталевий ангідрид, який у присутності води перетворюється у фталеву кислоту:



У промисловості фталеву кислоту одержують окисненням нафталіну киснем повітря в присутності каталізатора. Утворений у процесі окиснення фталевий ангідрид гідролізують:

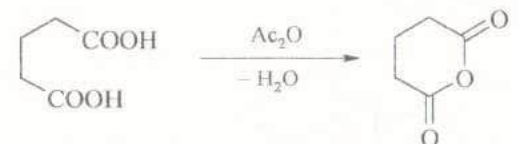


## 2.4. РЕАКЦІЇ ДИКАРБОНОВИХ КИСЛОТ

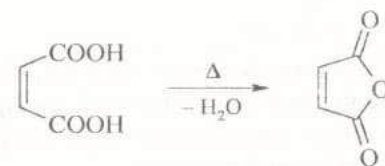
Реакції дикарбонових кислот, якщо розглядати їхні карбоксильні групи ізольовано, подібні до реакцій монокарбонових кислот. Однак, якщо в процесі реакції відбувається взаємодія між карбоксильними групами, то такі реакції набуватимуть певних особливостей. Розглянемо такі реакції.

### 2.4.1. Утворення циклічних ангідридів

Дикарбонові кислоти досить легко дегідратуються внутрішньомолекулярно з утворенням циклічних ангідридів. Ця реакція відбувається значно швидше, ніж міжмолекулярна дегідратація монокарбонових кислот. Особливо легко вона проходить тоді, коли кінцевий продукт містить п'яти- або шестичленний цикл.



глутаровий  
ангідрид



малеїновий  
ангідрид

Циклічні ангідриди найлегше одержувати з відповідної дикарбонової кислоти шляхом нагрівання або обробкою оцтовим ангідридом. Якщо реакцію треба проводити у м'яких умовах, то застосовують трифтороцтовий ангідрид, наприклад:

CH(OC <sub>3</sub> H <sub>7</sub> ) <sub>3</sub>	Трипропіл-ортоформіат	93/30	0,8805	1,4072
CH(OC <sub>4</sub> H <sub>9</sub> ) <sub>3</sub>	Трибутилортоформіат	132-133/21,5	0,8682	1,4184
CH <sub>3</sub> C(OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>3</sub>	Триметилортоацетат	107-109/760	0,9438*	1,3859
CH <sub>3</sub> C(OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>3</sub>	Триетилортоацетат	144-146/760	0,8847*	1,3980
CH <sub>3</sub> C(OCH=CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub>	Тривінілортоацетат	145-147/760	0,9410*	1,4328*
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> C(OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>3</sub>	Триетилортопропіонат	161/760		1,4000*
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> C(OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>3</sub>	Триметилортобензоат	- 114-115/25	1,0637*	1,4858*

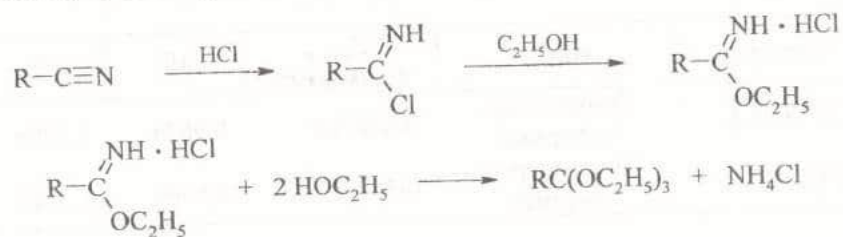
Примітка. \*При 25°C.

### 6.1. МЕТОДИ ОДЕРЖАННЯ ОРТОЕСТЕРІВ

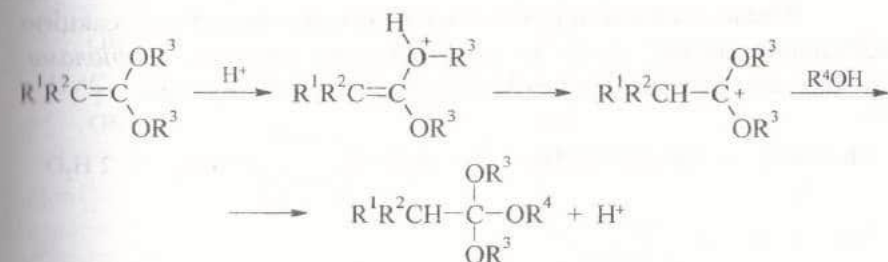
Ортоестери карбонових кислот одержують з тригалогеналканів і алколятів лужних металів (синтез *Вільямсона*), наприклад:



Ортоестери утворюються під дією HCl на нітрили кислот у надлишку спирту. Як проміжні сполуки у цій реакції утворюються *гідрохлориди імідоестерів*, які також можна використовувати для синтезу ортоестерів:



Для одержання ортоестерів також використовують приєднання спиртів до інших сполук, які містять кратні зв'язки. Так каталізоване кислотами приєднання спиртів до *ацеталів кетену* дає ортоестери:



$\alpha$ -Галогеналкілові етери також використовують у синтезах ортоестерів. Наприклад, естери ортомурашиної кислоти можна одержати під дією на 1,1-дихлорметилловий етер алкоксидів або феноксидів натрію:



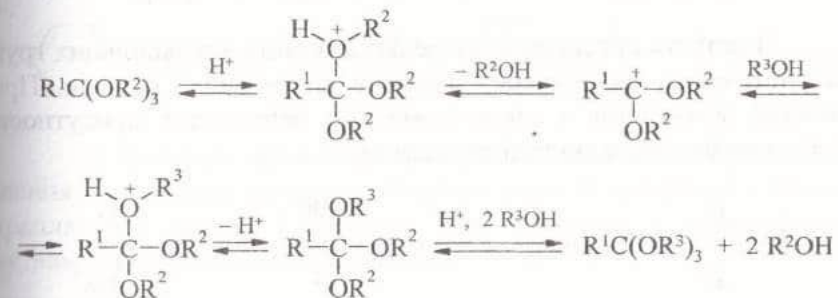
R = Alk, Ar

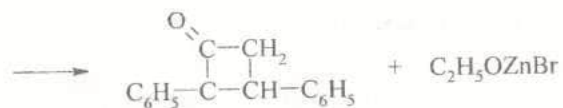
Арил- і алкілдіфенілортоформіати за аналогічною реакцією одержують із хлордифеноксиметану:



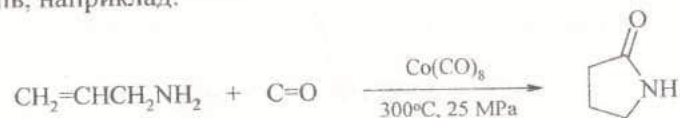
R = Alk, Ar

Ортоестери також з успіхом одержують переестерифікацією спиртами:





Існує багато інших спеціальних методів одержання окремих лактамів, наприклад:



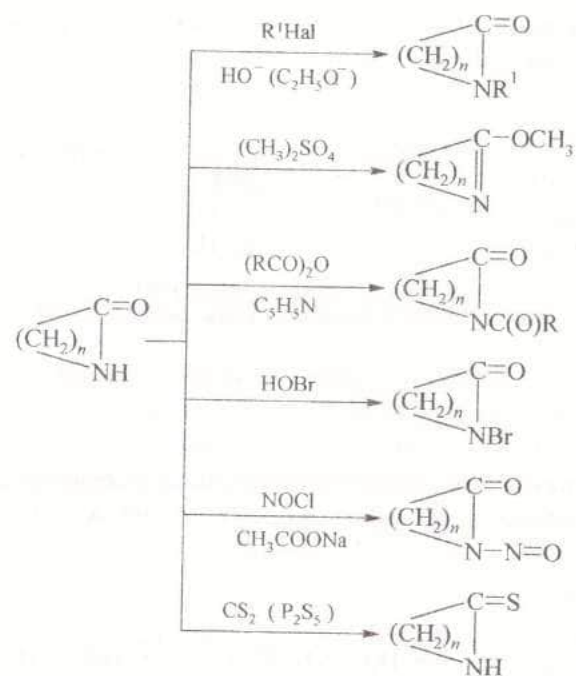
### 8.5.2. Хімічні властивості лактамів

За хімічними властивостями лактами багато в чому подібні до амідів карбонових кислот. Хімічні перетворення лактамів можуть відбуватися з розкриттям і без розкриття циклу. До першої групи реакцій відносять кислотний і лужний гідроліз, взаємодію з амінами, гідроксиламіном, алкоголіз, полімеризацію:

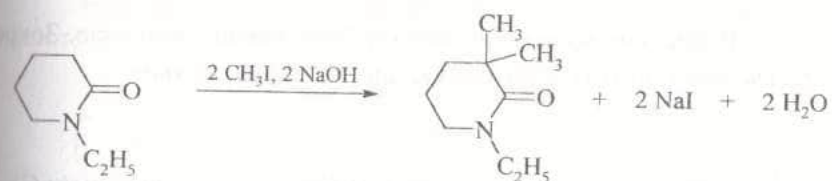


Умови проведення цих реакцій залежать від розміру циклу лактаму. Найбільш стійкі до дії нуклеofilів п'яти- і шестичленні лактами, найменш – три- і чотиричленні.

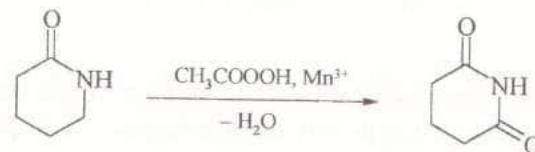
Лактамне кільце не розкривається в реакціях алкілювання, ацилювання, галогенування, нітрузування, а також у різних перетвореннях, у яких бере участь карбонільна група, наприклад:



Алкілювання заміщених біля атома азоту лактамів відбувається по α-вуглецевому атому, наприклад:



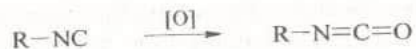
Лактами окиснюються пероксикислотами або пероксидом водню в присутності іонів перехідних металів. Продуктами реакцій є циклічні іміди:



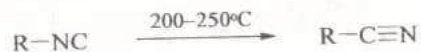
Гідруванням ізонітрилів одержують вторинні аміни:



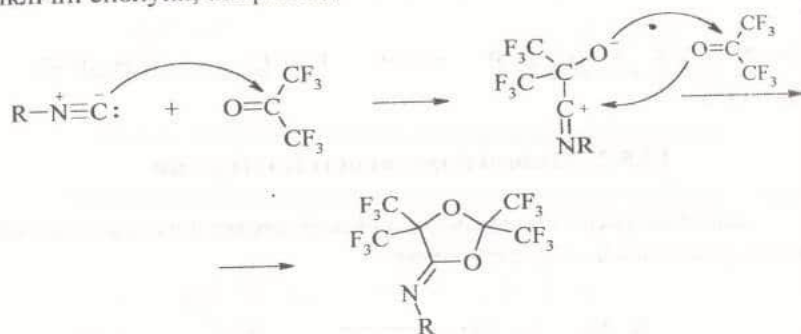
У результаті окиснення ізонітрилів утворюються ізоціанати:



Термічна ізомеризація ізонітрилів веде до нітрилів:



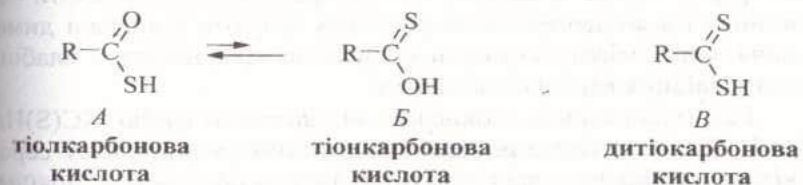
Для ізонітрилів характерними є реакції циклоприседнання до полярних кратних зв'язків, у результаті яких утворюються гетероциклічні сполуки, наприклад:



## Розділ 14

### ТІО- І ДИТІОКАРБОНОВІ КИСЛОТИ ТА ЇХНІ ПОХІДНІ

У тіокарбонних і дитіокарбонних кислотах, на відміну від карбонних кислот, відповідно один або два атоми кисню карбоксильної групи замінено на сірку:



Тіолкарбонові кислоти (тіокарбонні S-кислоти) (A) та дитіокарбонові кислоти (B), як і їхні естери, стабільні, отже, їх можна виділити. Однак тіонкарбонові кислоти (тіокарбонні O-кислоти) (B) не існують у вільному стані. Очевидно, тіокислоти (A) і (B) перебувають у таутомерній рівновазі. Проте зазначимо, що на підставі спектроскопічних досліджень встановлено абсолютне переважання таутомеру (A), тому монотіокарбонні кислоти можна вважати тіолкарбонними кислотами.

Заміна атома кисню на сірку у карбонних кислотах веде до зростання їх сили (див. табл. 10).

Таблиця 10

Константи дисоціації деяких карбонних, моно- і дитіокарбонних кислот (у воді при 25°C)

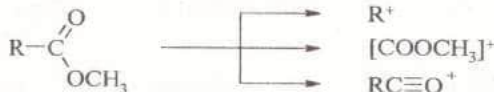
Кислота	$pK_a$	Кислота	$pK_a$
HCOOH	3,75	CH <sub>3</sub> COSH	3,33
HCOSH	2,06	CH <sub>3</sub> CSSH	2,55
HCSSH	0,95	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COOH	4,20
CH <sub>3</sub> COOH	4,76	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COSH	2,48

Валентні, $\nu_{C-O}$	1000–1200 (с)	Ортоестери
Валентні, $\nu_{C-S}$	1190–1260	Дитіокарбоніві кислоти та їхні похідні
Деформаційні, $\delta_{O-H}$ (неплоскі)	900–950 (сер; сл)	Карбоніві кислоти
Валентні, $\nu_{O-O}$	830–890 (сл)	Пероксикислоти та їхні похідні

Примітки. \* Вузька смуга, що відповідає коливанням неасоційованої групи.  
 \*\* Дуже широка смуга, що відповідає коливанням асоційованої групи.  
 \*\*\* Дві смуги, що відповідають симетричним  $\nu_{C-O}$  і асиметричним  $\nu_{C-O}$  коливанням карбонільної групи.

### 15.2. МАС-СПЕКТРОМЕТРІЯ

Самі кислоти рідко досліджують за допомогою мас-спектрометрії. Для цього більш зручні легкі метилові естери, для яких характерні такі процеси перегрупування і розщеплення:



За цими фрагментами і проводять ідентифікацію карбонових кислот.

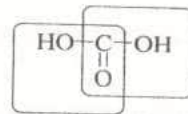
### 15.3. СПЕКТРОСКОПІЯ ЯМР

а)  $^1H$  ЯМР. Сигнал протона групи  $COOH$  широкий і міститься в слабкому полі в області приблизно 10–13 м.ч.

б)  $^{13}C$  ЯМР. В аліфатичних карбонових кислотах область резонансу атома вуглецю карбоксильної групи перебуває близько 170–180 м.ч.; в  $\alpha, \beta$ -ненасичених або аренкарбонових кислотах – близько 160–170 м.ч.

## ПОХІДНІ КАРБОНАТНОЇ (ВУГІЛЬНОЇ) КИСЛОТИ

Формально карбонатну (вугільну) кислоту можна розглядати як двоосновну карбонову кислоту:



Вона утворює два ряди функціональних похідних –  $XC(O)OH$  – неповні і повні галогенангідриди, естери, аміди, а також змішані функціональні похідні  $XC(O)Y$  – естери хлорвугільної кислоти, естери карбамінової кислоти (уретани) та ін.  $X$  і  $Y$  можуть бути однаковими або різними замісниками, найчастіше це –  $OH$ ,  $Cl$ ,  $OR$ ,  $NR^1R^2$ ,  $OC(O)R$  (табл. 12).

Таблиця 12

Основні функціональні похідні карбонатної кислоти

Формула	Назва
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{Cl}-\text{C}-\text{OH} \end{array}$	Монохлорангідрид карбонатної кислоти, карбонілмонохлорид (у вільному стані невідомий)
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{Cl}-\text{C}-\text{Cl} \end{array}$	Дихлорангідрид карбонатної кислоти, карбонілдихлорид, фосген
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{Cl}-\text{C}-\text{OR} \end{array}$	Естер хлоркарбонатної (хлормурашиної) кислоти
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{Cl}-\text{C}-\text{NR}^1\text{R}^2 \end{array}$	Амід хлоркарбонатної кислоти, карбамойлхлорид

тіоацилгалогеніди 193 і наст.  
 властивості 193–194  
 одержання 193  
 бис-(тіоацил)дисульфіді 190  
 тіобіурети 247  
 тіогідразиди 194 і наст.  
 властивості 196 і наст.  
 одержання 194 і наст.  
 у реакціях гетероциклізації 199  
 тіоестери 101, 190 і наст.  
 властивості 191–192  
 одержання 190–191  
 тіокарбамати 240, 254 і наст.  
 тіокарбаміди 242 і наст.  
 властивості 247 і наст.  
 одержання 244 і наст.  
 у синтезі гетероциклів 249  
 N-тіокарбамоїліміни 252  
 тіокарбамоїлхлориди 258  
 тіокарбогідразиди 244 і наст.  
 тіокарбонати 235 і наст.  
 властивості 239 і наст.  
 одержання 237 і наст.  
 тіокетени 193  
 тіоортоестери 101  
 тіосемікарбазиди 242 і наст.  
 властивості 247 і наст.  
 одержання 244 і наст.  
 у синтезі гетероциклів 250–251  
 тіосемікарбазони 252  
 тіофосген 237, 266  
 тіоціанати 262 і наст.  
 властивості 268 і наст.  
 одержання 264 і наст.  
 тіурамдисульфіді 259  
 тіурамсульфіді 246, 254, 259  
 n-толуолсульфофокислота 72  
 триацилоксиборани 25  
 тригліцериди 92 і наст.  
 трифенілфосфін 44  
 трихлороцтовий альдегід 119

тріазини 181  
 тріазоли 155  
 тріоли 100  
 уретани 209, 215–216  
 властивості 217–218

фенілацетат 89  
 o-фенілендіамін 172  
 фенілсаліцилат 116  
 фенілціанат 230  
 фенолфталеїн 61  
 формаміди 118 і наст.  
 форміати 71  
 фосген 207, 210 і наст.  
 фосфазосполуки 180  
 фталіміди 115, 139–140  
 фторангідриди кислот 45  
 фтороформіати 208

хлораль 217  
 хлорангідриди  
 гідроксимових кислот 159  
 кетокислот 45  
 хлорацетамід 116  
 хлорпикрин 213  
 хлорціан 177, 226, 232

цетилпальмітат 95  
 ціанамід 225, 231 і наст.  
 ціанати 229 і наст.  
 ціанати металів 217, 229  
 ціангідрини 16  
 ціаніди металів у синтезі пітрилів 176  
 ціаногідразини 247  
 ціаногуанідин 227  
 ціаноолефіни 182

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	4
<b>Розділ 1. МОНОКАРБОНОВІ КИСЛОТИ</b> .....	6
1.1. Номенклатура.....	6
1.2. Структура і геометрія карбоксильної групи.....	8
1.3. Кислотність карбонових кислот.....	8
1.4. Одержання карбонових кислот.....	11
1.4.1. Окиснювальні методи.....	11
1.4.2. Гідролітичні методи.....	15
1.4.3. Карбоксилювання.....	16
1.4.4. Карбонілювання.....	18
1.5. Властивості карбонових кислот.....	19
1.5.1. Декарбоксилювання.....	19
1.5.2. Галогенування.....	23
1.5.3. Відновлення карбонових кислот.....	25
1.5.4. Реакції кислот з металоорганічними сполуками.....	25
1.5.5. Реакції ненасичених карбонових кислот.....	26
<b>Розділ 2. ДИКАРБОНОВІ КИСЛОТИ</b> .....	28
2.1. Номенклатура ди- і полікарбонових кислот.....	28
2.2. Фізичні властивості і кислотність.....	30
2.3. Методи одержання дикарбонових кислот.....	31
2.4. Реакції дикарбонових кислот.....	35
2.4.1. Утворення циклічних ангідридів.....	35
2.4.2. Реакції за участю маленової кислоти.....	37
2.4.3. Реакції малеїнової і фумарової кислот.....	38
2.4.4. Реакції ацетилендикарбонової кислоти.....	39
<b>Розділ 3. ГАЛОГЕНАНГІДРИДИ КАРБОНОВИХ КИСЛОТ</b> .....	41
3.1. Номенклатура.....	41
3.2. Фізичні властивості ацилгалогенідів.....	41
3.3. Синтез ацилгалогенідів.....	42
3.4. Властивості ацилгалогенідів.....	46
<b>Розділ 4. АНГІДРИДИ КАРБОНОВИХ КИСЛОТ</b> .....	51
4.1. Номенклатура.....	51
4.2. Фізичні властивості ангідридів.....	52
4.3. Синтез ангідридів карбонових кислот.....	53
4.4. Реакції ангідридів карбонових кислот.....	56
4.5. Кетени.....	61
4.5.1. Методи одержання кетенів.....	62
4.5.2. Хімічні властивості кетенів.....	63
<b>Розділ 5. ЕСТЕРИ</b> .....	65
5.1. Номенклатура.....	65
5.2. Фізичні властивості естерів.....	66

5.3. Методи одержання естерів.....	67
5.3.1. Естерифікація.....	67
5.3.2. Реакції алкоголізу.....	73
5.3.3. Окиснювальні методи.....	74
5.3.4. Алкоксикарбонільовання.....	75
5.4. Хімічні властивості естерів.....	76
5.4.1. Гідроліз та інші реакції розщеплення естерів.....	76
5.4.2. Реакції естерів за участю $\alpha$ -водневих атомів та карбонільної групи.....	81
5.4.3. Відновлення естерів.....	87
5.4.4. Піроліз і перегрупування естерів.....	88
5.5. Лактони.....	90
5.6. Жирні кислоти і тригліцериди.....	92
5.7. Воски.....	95
Розділ 6. <b>ОРТОЕСТЕРИ КАРБОНОВИХ КИСЛОТ</b> .....	97
6.1. Методи одержання ортоестерів.....	98
6.2. Хімічні властивості ортоестерів.....	100
Розділ 7. <b>ПЕРОКСИКИСЛОТИ І ПЕРОКСИДИ АЦИЛІВ</b> .....	103
7.1. Методи одержання пероксикислот і пероксидів ацилів.....	105
7.2. Властивості пероксикислот і пероксидів ацилів.....	107
Розділ 8. <b>АМІДИ КАРБОНОВИХ КИСЛОТ</b> .....	110
8.1. Номенклатура.....	110
8.2. Фізичні властивості амідів.....	111
8.3. Методи одержання амідів.....	112
8.3.1. Ацилювання аміаку і амінів.....	112
8.3.2. Одержання амідів із нітрилів.....	120
8.3.3. Одержання амідів за допомогою реакцій, які супроводжуються перегрупуваннями.....	121
8.4. Хімічні властивості амідів.....	125
8.4.1. Кислотно-основні властивості амідів.....	126
8.4.2. Гідроліз амідів.....	127
8.4.3. Розщеплення амідів карбонних кислот.....	128
8.4.4. Взаємодія амідів з магнійорганічними сполуками.....	129
8.4.5. Відновлення амідів.....	130
8.4.6. Реакції амідів з галогенангідридами неорганічних кислот.....	131
8.4.7. Дегідратація амідів.....	132
8.4.8. Нітрозування і нітрування амідів.....	132
8.5. Лактами.....	133
8.5.1. Методи одержання лактамів.....	134
8.5.2. Хімічні властивості лактамів.....	136
8.6. Іміди карбонних кислот.....	139
8.6.1. Одержання імідів.....	139
8.6.2. Хімічні властивості імідів.....	141
Розділ 9. <b>ГІДРАЗИДИ КАРБОНОВИХ КИСЛОТ</b> .....	145
9.1. Номенклатура.....	145

9.2. Методи одержання гідразидів.....	146
9.3. Властивості гідразидів карбонних кислот.....	149
Розділ 10. <b>АЗИДИ КАРБОНОВИХ КИСЛОТ</b> .....	152
10.1. Одержання ацилазидів.....	152
10.2. Реакції ацилазидів.....	153
Розділ 11. <b>ГІДРОКСАМОВІ КИСЛОТИ ТА ЇХНІ ПОХІДНІ</b> .....	156
11.1. Номенклатура.....	156
11.2. Методи одержання гідроксамових кислот та їхніх похідних.....	158
11.3. Хімічні властивості гідроксамових кислот та їхніх похідних.....	159
Розділ 12. <b>ПОХІДНІ ІМІДОВИХ КИСЛОТ</b> .....	165
12.1. Галогенангідриди імідових кислот.....	165
12.1.1. Одержання галогенангідридів імідових кислот.....	166
12.1.2. Хімічні властивості галогенангідридів імідових кислот.....	166
12.2. Естери імідових кислот (імідати).....	167
12.2.1. Одержання естерів імідових кислот.....	167
12.2.2. Реакції естерів імідових кислот.....	168
12.3. Амідні імідових кислот (амідини).....	169
12.3.1. Методи одержання амідинів.....	170
12.3.2. Хімічні властивості амідинів.....	171
Розділ 13. <b>НІТРИЛИ КАРБОНОВИХ КИСЛОТ</b> .....	173
13.1. Номенклатура.....	173
13.2. Фізичні властивості нітрилів.....	174
13.3. Методи одержання нітрилів.....	174
13.4. Хімічні властивості нітрилів.....	177
13.5. Ізонітрили.....	182
13.5.1. Будова і методи одержання ізонітрилів.....	182
13.5.2. Хімічні властивості ізонітрилів.....	183
Розділ 14. <b>ТІО- І ДИТІОКАРБОНОВІ КИСЛОТИ ТА ЇХНІ ПОХІДНІ</b> .....	185
14.1. Тіо- і дитіокислоти.....	188
14.1.1. Методи одержання тіо- і дитіокислот.....	188
14.1.2. Властивості тіо- і дитіокислот.....	189
14.2. Тіо- і дитіоестери.....	190
14.2.1. Методи одержання тіо- і дитіоестерів.....	190
14.2.2. Властивості тіо- і дитіоестерів.....	191
14.3. Тіоацилгалогеніди.....	193
14.3.1. Методи одержання тіоацилгалогенідів.....	193
14.3.2. Реакції тіоацилгалогенідів.....	193
14.4. Тіоаміди і тіогідрозиди.....	194
14.4.1. Методи одержання тіоамідів і тіогідрозидів.....	194
14.4.2. Реакції тіоамідів і тіогідрозидів.....	196
Розділ 15. <b>СПЕКТРАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ КАРБОНОВИХ КИСЛОТ ТА ЇХНІХ ПОХІДНИХ</b> .....	200
15.1. Інфрачервона спектроскопія.....	200
15.2. Мас-спектрометрія.....	202
15.3. Спектроскопія ЯМР.....	202

Розділ 16. ПОХІДНІ КАРБОНАТНОЇ (ВУГІЛЬНОЇ) КИСЛОТИ.....	203
16.1. Галогенангідриди карбонатної кислоти.....	207
16.1.1. Методи одержання.....	207
16.1.2. Хімічні властивості.....	208
16.2. Ангідриди карбонатної кислоти.....	212
16.3. Естери карбонатної кислоти.....	213
16.4. Амід карбонатної кислоти.....	214
16.4.1. Карбамінова кислота та її похідні.....	215
16.4.2. Карбамід та його похідні.....	219
16.5. Нітрили карбонатної кислоти.....	229
16.5.1. Естери ціанової та ізоціанової кислот.....	229
16.5.2. Ціанамід і карбодііміди.....	231
16.6. Сірковмісні похідні карбонатної кислоти.....	235
16.6.1. Тіонкарбонати, дитіокарбонати і тритіокарбонати.....	235
16.6.2. Тіокарбаміди і тіосемікарбазиди.....	242
16.6.3. Тіокарбамінові і дитіокарбамінові кислоти та їхні похідні.....	254
16.6.4. Тіоціанати і ізотіоціанати.....	262
Додаткові задачі.....	274
Список літератури.....	279
Предметний покажчик.....	281
Зміст.....	289

Навчальне видання

М. І. Гануцак, В. В. Карп'як

## ФУНКЦІОНАЛЬНІ ПОХІДНІ КАРБОНОВИХ ТА ВУГІЛЬНОЇ КИСЛОТ

Навчальний посібник

Редактор Т. А. Веремчук  
Технічний редактор С. З. Сенік  
Коректор М. В. Ревега

Підп. до друку 17.07.02. Формат 60×84/16. Папір друк. Друк на різогр. Умовн. друк. арк. 16,4. Обл.-вид. арк. 17,6. Тираж 300 прим. Зам. 428.

Видавничий центр Львівського національного університету імені Івана Франка. 79000 Львів, вул. Дорошенка, 41.