

**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

Львівський національний університет імені Івана Франка  
створений в 1946 році як Львівський державний педагогічний  
університет за рішенням Ради Міністрів УРСР та  
є одним з найстаріших вищих навчальних закладів України.  
Університет має відмінну традицію в освіті та науковій  
діяльності, що заслужила високу оцінку від української  
і міжнародної наукової спільноти.

**М.І.Ганущак, В.В.Карп'як**

Львівський національний університет імені Івана Франка  
заснований 1946 року як Львівський державний педагогічний  
університет за рішенням Ради Міністрів УРСР та  
є одним з найстаріших вищих навчальних закладів України.  
Університет має відмінну традицію в освіті та науковій  
діяльності, що заслужила високу оцінку від української  
і міжнародної наукової спільноти.

## **ФУНКЦІОНАЛЬНІ ПОХІДНІ КАРБОНОВИХ ТА ВУГІЛЬНОЇ КИСЛОТ**

Львівський національний університет імені Івана Франка  
заснований 1946 року як Львівський державний педагогічний  
університет за рішенням Ради Міністрів УРСР та  
є одним з найстаріших вищих навчальних закладів України.  
**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

**Ганущак 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.Ганущак, 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 пропонованого 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 ширу 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 Кліму М.І. (Національний університет «Львівська політехніка») за критичні зауваження, які було враховано при підготовці до видання цього посібника.

М.І.Ганущак  
В.В.Карп'як

## ВСТУП

Карбоновими кислотами називають похідні вуглеводнів, які містять у своєму складі карбоксильну групу  $\text{COOH}$ .

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 *монакарбонові* (які містять одну групу  $\text{COOH}$ ), *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 галогенаннігідири, ангідири, естери, аміди, гідразиди, азиди, гідроксамові кислоти, нітрили та ін.

### Основні функціональні похідні карбонових кислот

$\text{R}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}-\text{O}^-\text{M}^+$	сіль	$\text{R}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{Hal}}{\text{C}}}-$	ацилгалогенід
$\text{R}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-$	ангідрид	$\text{R}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{OR'}}{\text{C}}}-$	естер
$\text{R}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{OR'}}{\text{C}}}-\text{OR}''$	ортостер	$\text{R}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{NR'R''}}{\text{C}}}-$	амід
$\text{R}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{OR'''}}{\text{C}}}-\text{NHC}(=\text{O})-$	імід	$\text{R}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{NNH}_2}{\text{C}}}-$	гідразид

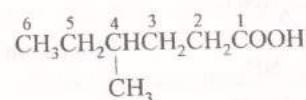
$\text{R}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{N}_3}{\text{C}}}-$	азид	$\text{R}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{NHOH}}{\text{C}}}-$	гідроксамова кислота
$\text{R}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{OOH}}{\text{C}}}-$	пероксида	$\text{R}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{OO}}{\text{C}}}-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-$	пероксид ацилу
$\text{R}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{OOR'}}{\text{C}}}-$	пероксиестер	$\text{R}-\overset{\text{NH}}{\underset{\text{Hal}}{\text{C}}}-$	імідоїлгалогенід
$\text{R}-\overset{\text{NH}}{\underset{\text{OR'}}{\text{C}}}-$	імідат	$\text{R}-\overset{\text{NH}_2}{\underset{\text{NH}_2}{\text{C}}}-$	амідин
$\text{R}-\overset{\text{NOH}}{\underset{\text{NH}_2}{\text{C}}}-$	амідоксим	$\text{R}-\overset{\text{NNH}_2}{\underset{\text{NH}_2}{\text{C}}}-$	амідразон
$\text{R}-\overset{\text{C}\equiv\text{N}}{\text{C}}-$	нітрил	$\text{R}-\overset{\text{S}}{\underset{\text{SH}}{\text{C}}}-$	ізонітрил
$\text{R}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{SH}}{\text{C}}}-$	тіолкарбонова кислота	$\text{R}-\overset{\text{S}}{\underset{\text{SR'}}{\text{C}}}-$	дитіокарбонова кислота
$\text{R}-\overset{\text{SR'}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}-$	тіолестер	$\text{R}-\overset{\text{S}}{\underset{\text{SR''}}{\text{C}}}-$	дитіоестер
$\text{R}-\overset{\text{S}}{\underset{\text{NH}_2}{\text{C}}}-$	тіоамід	$\text{R}-\overset{\text{S}}{\underset{\text{NNH}_2}{\text{C}}}-$	тіогідразид

## Розділ 1

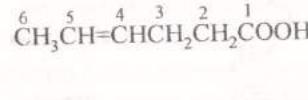
# МОНОКАРБОНОВІ КИСЛОТИ

## **1.1. НОМЕНКЛАТУРА**

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



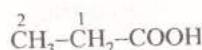
#### 4-метилгексановая кислота



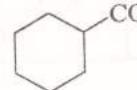
### 4-гексенова кислота

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.

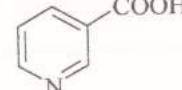
У другому випадку атом вуглецю карбоксильної групи додають до вуглецевого скелета родонаочальної структури:



етанкарбонова  
кислота

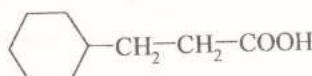


циклогексанкарбоновая  
кислота



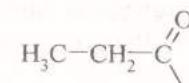
## З-піридинкарбонова кислота

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



циклогексилпропанова кислота (а)  
або  
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**.



пропаноїл

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



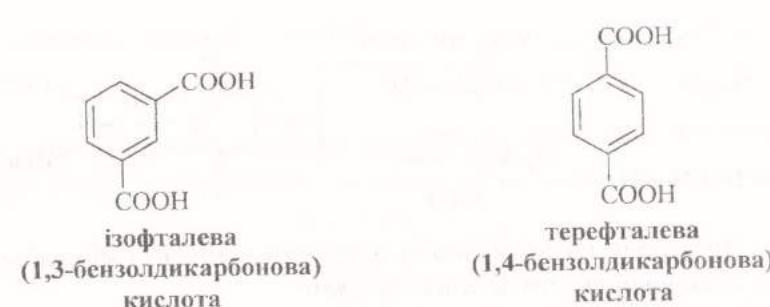
#### цикlopентилкарбоніл

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 знаходитьться в старому маслі (лат. *butyrum* – масло). Пентанова кислота міститься у лікарській рослині валер'яні, тому її ще називають *валер'яновою*. Гексанова кислота міститься в козячому жирі, звідки походить назва *капронова кислота* (лат. *caper* – коза).

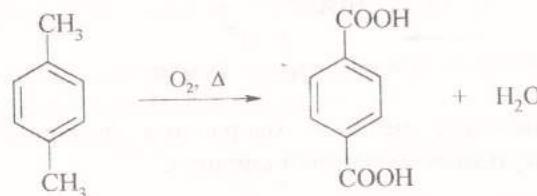
■ ■ ■ Задача 1.1

Назвіть за номенклатурою IUPAC такі сполуки

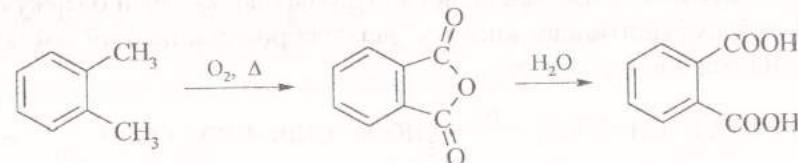
- a)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{COOH}$ ; г)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ ;  
 б)  $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{COOH}$ ; д)  $\text{CH}_3\text{CH}=\text{C}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{COOH}$ .  
 в)  $\text{BrCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$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



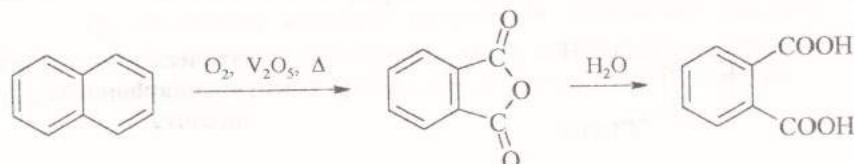
Головним методом одержання арендикарбонових кислот є каталітичне окиснення ксилолів киснем повітря. Наприклад, у результаті окиснення *n*-ксилолу утворюється терефталева кислота:



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 катализатора. Утворений у процесі окиснення фталевий ангідрид гідролізується:

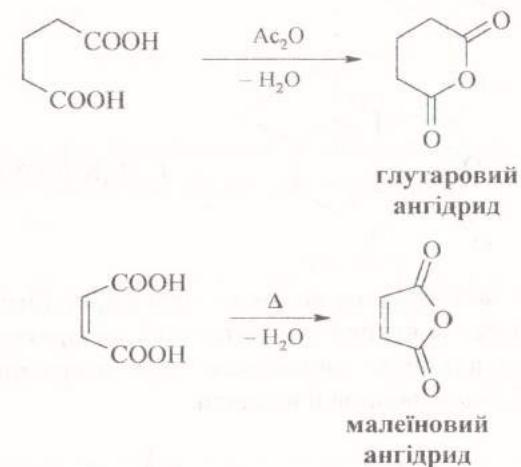


## 2.4. РЕАКЦІЇ ДИКАРБОНОВИХ КИСЛОТ

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 цикліческих ангідридів

Дикарбонові кислоти досить легко дегідратуються внутрішньомолекулярно з утворенням цикліческих 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.



Цикліческі 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:

Закінчення табл. 7

$\text{CH}(\text{OC}_3\text{H}_7)_3$	Трипропіл-ортогоформіат	93/30	0,8805	1,4072
$\text{CH}(\text{OC}_4\text{H}_9)_3$	Трибутилортогоформіат	132–133/21,5	0,8682	1,4184
$\text{CH}_3\text{C}(\text{OCH}_3)_3$	Триметилортовацетат	107–109/760	0,9438*	1,3859
$\text{CH}_3\text{C}(\text{OC}_2\text{H}_5)_3$	Триетилортовацетат	144–146/760	0,8847*	1,3980
$\text{CH}_3\text{C}(\text{OCH}=\text{CH}_2)_3$	Тривінілортовацетат	145–147/760	0,9410*	1,4328*
$\text{C}_2\text{H}_5\text{C}(\text{OC}_2\text{H}_5)_3$	Триетилортопропіонат	161/760		1,4000*
$\text{C}_6\text{H}_5\text{C}(\text{OCH}_3)_3$	Триметилортобензоат	114–115/25	1,0637*	1,4858*

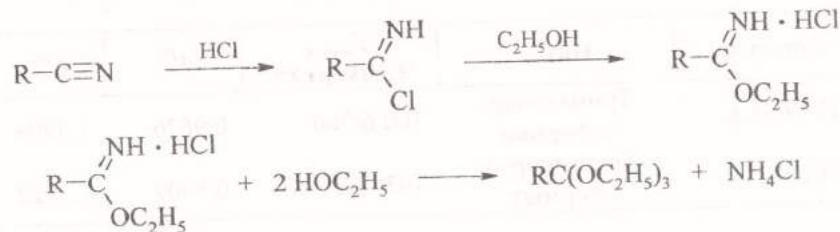
Примітка. \*При 25°C.

## 6.1. МЕТОДИ ОДЕРЖАННЯ ОРТОЕСТЕРІВ

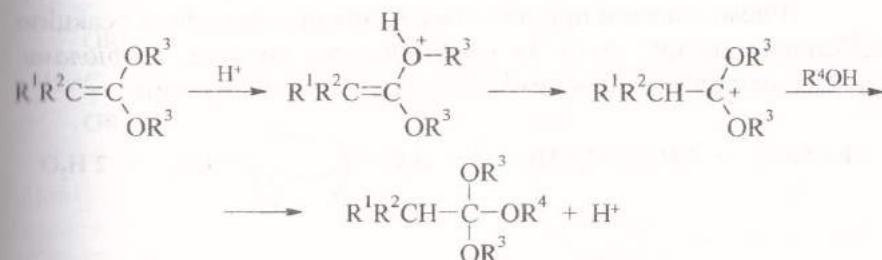
Ортоестери карбонових кислот одержують з тригалогеналканів і алкоголятів лужних металів (синтез Вільямсона), наприклад:



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-дихлорметиловий етер алкоксидів або феноксидів натрію:



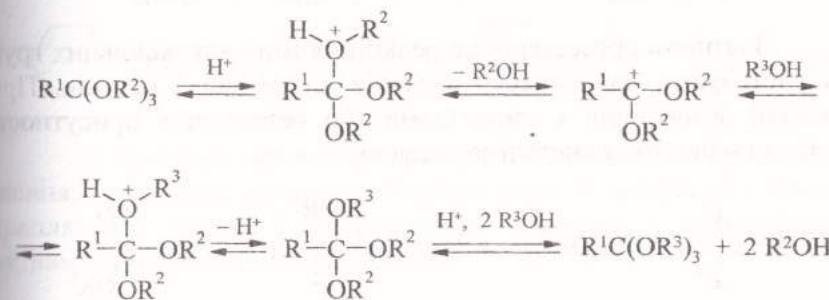
R = Alk, Ar

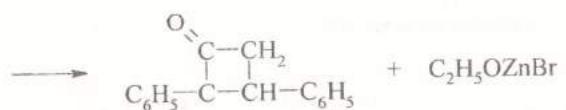
Арил- і алкілдифенілортогоформіати за аналогічною реакцією одержують із хлордифеноксиметану:



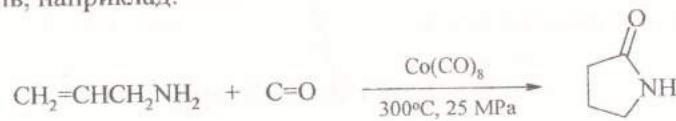
R = Alk, Ar

Ортоестери також з успіхом одержують переестерифікацією спиртами:



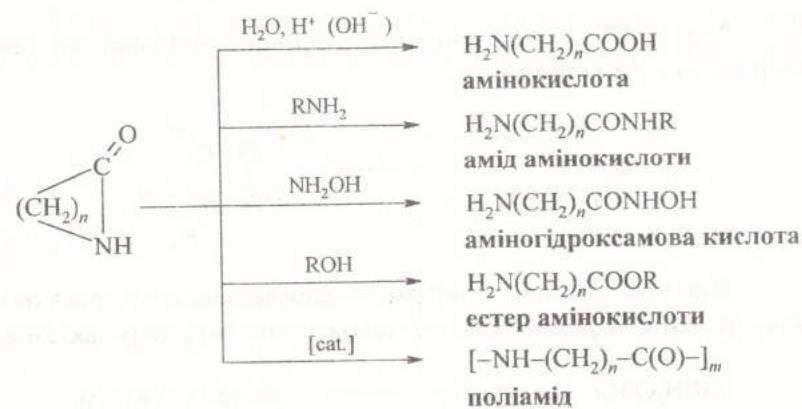


Існує багато інших спеціальних методів одержання окремих лактамів, наприклад:



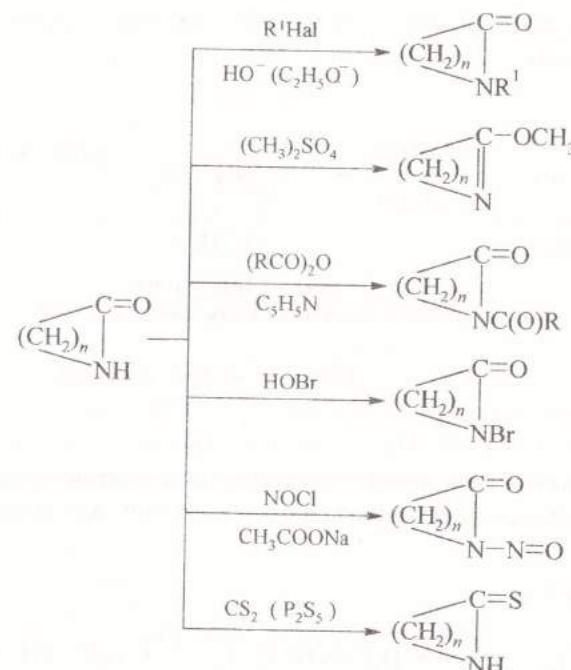
### 8.5.2. Хімічні властивості лактамів

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, алкоголям, полімеризацію:

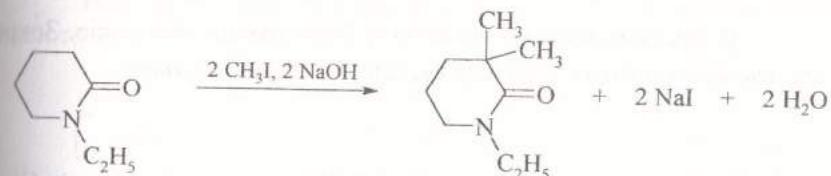


Умови проведення цих реакцій залежать від розміру циклу лактаму. Найбільш стійкі до дії нуклеофілів п'яти- і шестичленні лактами, найменш – три- і чотиричленні.

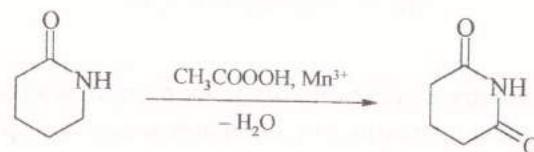
Лактамне кільце не розкривається в реакціях алкілювання, ацилування, галогенування, нітрозування, а також у різних перетвореннях, у яких бере участь карбонільна група, наприклад:



Алкілювання заміщених біля атома азоту лактамів відбувається по  $\alpha$ -углецевому атому, наприклад:



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



## Розділ 14

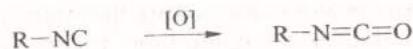
### ТО-І ДИТІОКАРБОНОВІ КИСЛОТИ ТА ЇХНІ ПОХІДНІ

Гідруванням ізонітрилів одержують вторинні аміні:

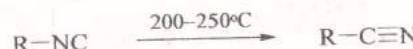


У результаті окиснення ізонітрилів утворюються ізоціана-

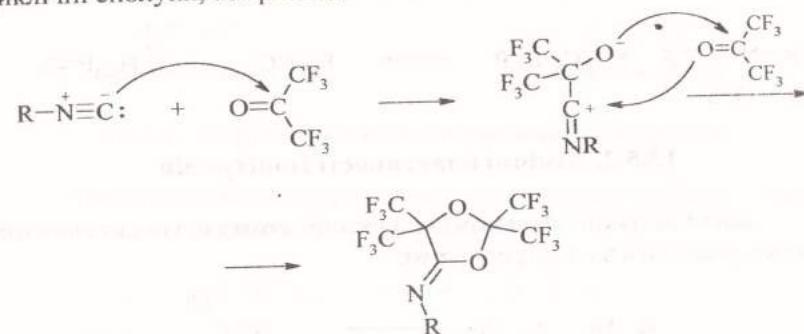
ти:



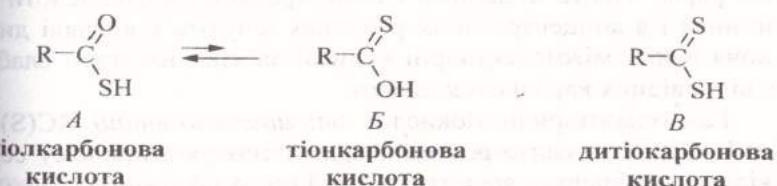
Термічна ізомеризація ізонітрилів веде до нітрилів:



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



У тіокарбонових і дитіокарбонових кислотах, на відміну від карбонових кислот, відповідно один або два атоми кисню в карбоксильної групи замінено на сірку:



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

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

Таблиця 10  
Константи дисоціації деяких карбонових,mono- і дитіокарбонових кислот (у воді при  $25^\circ C$ )

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

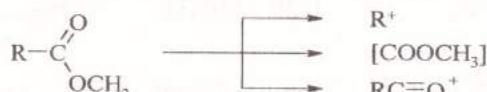
Закінчення табл. 11

Валентні, $\nu_{C=O}$	1000–1200 (с)	Ортоестери
Валентні, $\nu_{C=S}$	1190–1260	Дитіокарбонові кислоти та їхні похідні
Деформаційні, $\delta_{O-H}$ (неплоскі)	900–950 (сер; сл)	Карбонові кислоти
Валентні, $\nu_{O-O}$	830–890 (сл)	Пероксикилоти 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 масспектрометрії. Для цього більш зручні легкі метилові естери, для яких характерні такі процеси перегрупування і розщеплення:



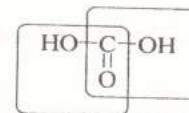
За цими фрагментами і проводять ідентифікацію карбонівих кислот.

## 15.3. СПЕКТРОСКОПІЯ ЯМР

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

б)  $^{13}\text{C}$  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.

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



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

Таблиця 12  
Основні функціональні похідні карбонатної кислоти

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

## ЗМІСТ

<p>тіоацилгалогеніди 193 і наст.   властивості 193–194   одержання 193</p> <p><i>bis</i>-(тіоацил)дисульфіди 190</p> <p>тіобіурети 247</p> <p>тіогідразиди 194 і наст.   властивості 196 і наст.   одержання 194 і наст.   у реакціях гетероциклізації 199</p> <p>тіоестери 101, 190 і наст.   властивості 191–192   одержання 190–191</p> <p>тіокарбамати 240, 254 і наст.</p> <p>тіокарбаміди 242 і наст.   властивості 247 і наст.   одержання 244 і наст.   у синтезі гетероциклів 249</p> <p>N-тіокарбамоїліміни 252</p> <p>тіокарбамохлориди 258</p> <p>тіокарбогідразиди 244 і наст.</p> <p>тіокарбонати 235 і наст.   властивості 239 і наст.   одержання 237 і наст.</p> <p>тіокетени 193</p> <p>тіоортостери 101</p> <p>тіосемікарбазиди 242 і наст.   властивості 247 і наст.   одержання 244 і наст.   у синтезі гетероциклів 250–251</p> <p>тіосемікарбазони 252</p> <p>тіофосген 237, 266</p> <p>тіотіанати 262 і наст.   властивості 268 і наст.   одержання 264 і наст.</p> <p>тіурамдисульфіди 259</p> <p>тіурамсульфіди 246, 254, 259</p> <p><i>n</i>-толуолсульфокислота 72</p> <p>триацилоксикоборани 25</p> <p>тригліцериди 92 і наст.</p> <p>трифенілфосфін 44</p> <p>трихлороцтовий альдегід 119</p> <p>тріазини 181</p> <p>тріазоли 155</p> <p>тріоли 100</p> <p>уретани 209, 215–216   властивості 217–218</p> <p>фенілацетат 89</p> <p><i>o</i>-фенілендіамін 172</p> <p>фенілсаліцилат 116</p> <p>фенілціанат 230</p> <p>фенолфталейн 61</p> <p>формаміди 118 і наст.</p> <p>форміати 71</p> <p>fosген 207, 210 і наст.</p> <p>фосфазосполуки 180</p> <p>фталімід 115, 139–140</p> <p>фторангідриди кислот 45</p> <p>фтороформіати 208</p> <p>хлораль 217</p> <p>хлорангідриди</p> <p>  гідроксимових кислот 159</p> <p>  кетокислот 45</p> <p>хлорацетамід 116</p> <p>хлорпікрин 213</p> <p>хлорціан 177, 226, 232</p> <p>цетилпальмітат 95</p> <p>ціанамід 225, 231 і наст.</p> <p>ціанати 229 і наст.</p> <p>ціанати металів 217, 229</p> <p>ціангідрини 16</p> <p>ціаніди металів у синтезі нітрилів 176</p> <p>ціаногідразини 247</p> <p>ціаногуанідин 227</p> <p>ціаноолефіни 182</p>	<p><b>ВСТУП.....</b>.....</p> <p><b>Розділ 1. МОНОКАРБОНОВІ КИСЛОТИ.....</b>.....</p> <p>1.1. Номенклатура.....</p> <p>1.2. Структура і геометрія карбоксильної групи.....</p> <p>1.3. Кислотність карбонових кислот.....</p> <p>1.4. Одержання карбонових кислот.....</p> <p>  1.4.1. Окиснювальні методи.....</p> <p>  1.4.2. Гідролітичні методи.....</p> <p>  1.4.3. Карбоксилювання.....</p> <p>  1.4.4. Карбонілювання.....</p> <p>1.5. Властивості карбонових кислот.....</p> <p>  1.5.1. Декарбоксилювання.....</p> <p>  1.5.2. Галогенування.....</p> <p>  1.5.3. Відновлення карбонових кислот.....</p> <p>  1.5.4. Реакції кислот з металоорганічними сполуками.....</p> <p>  1.5.5. Реакції ненасичених карбонових кислот.....</p> <p><b>Розділ 2. ДИКАРБОНОВІ КИСЛОТИ.....</b>.....</p> <p>2.1. Номенклатура ді- і полікарбонових кислот.....</p> <p>2.2. Фізичні властивості і кислотність.....</p> <p>2.3. Методи одержання дикарбонових кислот.....</p> <p>2.4. Реакції дикарбонових кислот.....</p> <p>  2.4.1. Утворення циклічних ангідридів.....</p> <p>  2.4.2. Реакції за участю малонової кислоти.....</p> <p>  2.4.3. Реакції маленоївої і фумарової кислоти.....</p> <p>  2.4.4. Реакції ацетилендикарбонової кислоти.....</p> <p><b>Розділ 3. ГАЛОГЕНАНГІДРИДИ КАРБОНОВИХ КИСЛОТ.....</b>.....</p> <p>3.1. Номенклатура.....</p> <p>3.2. Фізичні властивості ацилгалогенідів.....</p> <p>3.3. Синтез ацилгалогенідів.....</p> <p>3.4. Властивості ацилгалогенідів.....</p> <p><b>Розділ 4. АНГІДРИДИ КАРБОНОВИХ КИСЛОТ.....</b>.....</p> <p>4.1. Номенклатура.....</p> <p>4.2. Фізичні властивості ангідридів.....</p> <p>4.3. Синтез ангідридів карбонових кислот.....</p> <p>4.4. Реакції ангідридів карбонових кислот.....</p> <p>4.5. Кетени.....</p> <p>  4.5.1. Методи одержання кетенів.....</p> <p>  4.5.2. Хімічні властивості кетенів.....</p> <p><b>Розділ 5. ЕСТЕРИ.....</b>.....</p> <p>5.1. Номенклатура.....</p> <p>5.2. Фізичні властивості естерів.....</p>
	4 6 6 8 8 11 11 15 16 18 19 19 23 25 25 26 28 28 30 31 35 35 37 38 39 41 41 41 42 46 51 51 52 53 56 61 62 63 65 65 66

5.3. Методи одержання естерів.....	67	9.2. Методи одержання гідразидів.....	146
5.3.1. Естерифікація.....		9.3. Властивості гідразидів карбонових кислот.....	149
5.3.2. Реакції алкоголізу.....		Розділ 10. АЗИДИ КАРБОНОВИХ КИСЛОТ.....	152
5.3.3. Окиснювальні методи.....		10.1. Одержання ацилазидів.....	152
5.3.4. Алкоксикарбонілювання.....		10.2. Реакції ацилазидів.....	153
5.4. Хімічні властивості естерів.....		Розділ 11. ГІДРОКСАМОВІ КИСЛОТИ ТА ЇХНІ ПОХІДНІ.....	156
5.4.1. Гідроліз та інші реакції розщеплення естерів.....		11.1. Номенклатура.....	156
5.4.2. Реакції естерів за участь $\alpha$ -водневих атомів та карбонільної групи.....		11.2. Методи одержання гідроксамових кислот та їхніх похідних.....	158
5.4.3. Відновлення естерів.....		11.3. Хімічні властивості гідроксамових кислот та їхніх похідних.....	159
5.4.4. Піроліз і перегрупування естерів.....		Розділ 12. ПОХІДНІ ІМІДОВИХ КИСЛОТ.....	165
5.5. Лактони.....		12.1. Галогенангідириди імідових кислот.....	165
5.6. Жирні кислоти і тригліцириди.....		12.1.1. Одержання галогенангідиридів імідових кислот.....	166
5.7. Воски.....		12.1.2. Хімічні властивості галогенангідиридів імідових кислот.....	166
Розділ 6. ОРТОЕСТЕРИ КАРБОНОВИХ КИСЛОТ.....		12.2. Естери імідових кислот (імідати).....	167
6.1. Методи одержання ортоестерів.....		12.2.1. Одержання естерів імідових кислот.....	167
6.2. Хімічні властивості ортоестерів.....		12.2.2. Реакції естерів імідових кислот.....	168
Розділ 7. ПЕРОКСИКИСЛОТИ І ПЕРОКСИДИ АЦИЛІВ.....		12.3. Аміди імідових кислот (амідини).....	169
7.1. Методи одержання пероксикислот і пероксидів ацилів.....		12.3.1. Методи одержання амідинів.....	170
7.2. Властивості пероксикислот і пероксидів ацилів.....		12.3.2. Хімічні властивості амідинів.....	171
Розділ 8. АМІДИ КАРБОНОВИХ КИСЛОТ.....		Розділ 13. НІТРИЛИ КАРБОНОВИХ КИСЛОТ.....	173
8.1. Номенклатура.....		13.1. Номенклатура.....	173
8.2. Фізичні властивості амідів.....		13.2. Фізичні властивості нітрилів.....	174
8.3. Методи одержання амідів.....		13.3. Методи одержання нітрилів.....	174
8.3.1. Ацилювання аміаку і амінів.....		13.4. Хімічні властивості нітрилів.....	177
8.3.2. Одержання амідів із нітрилів.....		13.5. Ізонітрили.....	182
8.3.3. Одержання амідів за допомогою реакцій, які супроводжуються перегрупуваннями.....		13.5.1. Будова і методи одержання ізонітрилів.....	182
8.4. Хімічні властивості амідів.....		13.5.2. Хімічні властивості ізонітрилів.....	183
8.4.1. Кислотно-основні властивості амідів.....		Розділ 14. ТІО- І ДІТІОКАРБОНОВІ КИСЛОТИ ТА ЇХНІ ПОХІДНІ.....	185
8.4.2. Гідроліз амідів.....		14.1. Тіо- і дитіокислоти.....	188
8.4.3. Розщеплення амідів карбонових кислот.....		14.1.1. Методи одержання тіо- і дитіокислот.....	188
8.4.4. Взаємодія амідів з магнійорганічними сполуками.....		14.1.2. Властивості тіо- і дитіокислот.....	189
8.4.5. Відновлення амідів.....		14.2. Тіо- і дитіоестери.....	190
8.4.6. Реакції амідів з галогенангідиридами неорганічних кислот.....		14.2.1. Методи одержання тіо- і дитіоестерів.....	190
8.4.7. Дегідратація амідів.....		14.2.2. Властивості тіо- і дитіоестерів.....	191
8.4.8. Нітрозування і нітрування амідів.....		14.3. Тіоацилгалогеніди.....	193
8.5. Лактами.....		14.3.1. Методи одержання тіоацилгалогенідів.....	193
8.5.1. Методи одержання лактамів.....		14.3.2. Реакції тіоацилгалогенідів.....	193
8.5.2. Хімічні властивості лактамів.....		14.4. Тіоаміди і тіогідразиди.....	194
8.6. Іміди карбонових кислот.....		14.4.1. Методи одержання тіоамідів і тіогідразидів.....	194
8.6.1. Одержання імідів.....		14.4.2. Реакції тіоамідів і тіогідразидів.....	194
8.6.2. Хімічні властивості імідів.....		Розділ 15. СПЕКТРАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ КАРБОНОВИХ КИСЛОТ ТА ЇХНІХ ПОХІДНИХ.....	196
Розділ 9. ГІДРАЗИДИ КАРБОНОВИХ КИСЛОТ.....		15.1. Інфрачервона спектроскопія.....	200
9.1. Номенклатура.....		15.2. Mac-спектрометрія.....	200
		15.3. Спектроскопія ЯМР.....	202

Розділ 16. ПОХІДНІ КАРБОНАТНОЇ (ВУГІЛЬНОЇ) КИСЛОТИ.....	203
16.1. Галогенангідири карбонатної кислоти.....	207
16.1.1. Методи одержання.....	207
16.1.2. Хімічні властивості.....	208
16.2. Ангідири карбонатної кислоти.....	212
16.3. Естери карбонатної кислоти.....	213
16.4. Аміди 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 карбодіїмід.....	231
16.6. Сірковмісні похідні карбонатної кислоти.....	235
16.6.1. Тіонкарбонати, дитіокарбонати і трітіокарбонати.....	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. Ганущак, В. В. Карп'як

## ФУНКЦІОНАЛЬНІ ПОХІДНІ КАРБОНОВИХ ТА ВУГІЛЬНОЇ КИСЛОТ

Навчальний посібник

Редактор Т. А. Веремчук  
Технічний редактор С. З. Сеник  
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.