



Учреждение образования  
«Белорусская государственная  
ордена Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени  
сельскохозяйственная академия»



**Кафедра биологии растений и химии**

# **ХИМИЯ**

**Теоретический раздел  
Лекция  
Карбоновые кислоты**



## КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ

### 1. Классификация карбоновых кислот.

#### Гомологический ряд предельных одноосновных кислот

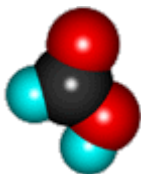
**Карбоновые кислоты** – органические соединения, содержащие одну или несколько карбоксильных групп  $-\text{COOH}$ . Систематические названия кислот даются по названию соответствующего углеводорода с добавлением суффикса **-овая** и слова «кислота» (прил. 2, табл. 3). Часто используются также тривиальные названия:

$\text{HCOOH}$  – метановая, муравьиная;  
 $\text{CH}_3\text{COOH}$  – этановая, уксусная;  
 $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$  – пропановая, пропионовая;  
 $\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}$  – бутановая, масляная;  
 $\text{C}_4\text{H}_9\text{COOH}$  – пентановая, валериановая;  
 $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{COOH}$  – гексановая, капроновая;  
 $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$  – пальмитиновая;  
 $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$  – стеариновая.

Карбоновые кислоты классифицируют по двум структурным признакам.

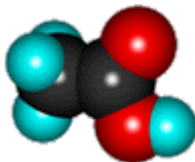
По числу карбоксильных групп кислоты подразделяются:

- на одноосновные (монокарбоновые). Например:



$\text{H-COOH}$   
Муравьиная  
кислота

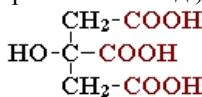
$\text{CH}_3\text{-COOH}$   
Уксусная  
кислота



- многоосновные (дикарбоновые, трикарбоновые и т. д.).



Малоновая  
кислота



Лимонная  
кислота

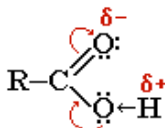
По характеру углеводородного радикала различают кислоты:



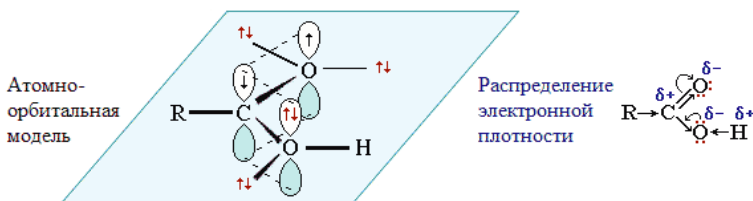
предельные (например,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ );  
непредельные ( $\text{CH}_2=\text{CHCH}_2\text{COOH}$ );  
ароматические ( $\text{RC}_6\text{H}_4\text{COOH}$ ).

## 2. Электронное строение карбоксильной группы

Карбоксильная группа сочетает в себе две функциональные группы – карбонил и гидроксил, взаимно влияющие друг на друга. Это влияние передается по системе сопряжения  $sp^2$ -атомов  $\text{O}-\text{C}-\text{O}$ . Карбоксильная группа содержит две функциональные группы – карбонил  $>\text{C}=\text{O}$  и гидроксил  $-\text{OH}$ , непосредственно связанные друг с другом.



Электронное строение группы  $-\text{COOH}$  придает карбоновым кислотам характерные химические и физические свойства. Смещение электронной плотности к карбонильному атому кислорода вызывает дополнительную (по сравнению со спиртами и фенолами) поляризацию связи  $\text{O}-\text{H}$ , что определяет подвижность водородного атома (кислотные свойства).



Пониженная электронная плотность ( $\delta^+$ ) на атоме углерода в карбоксильной группе обуславливает возможность реакций нуклеофильного замещения группы  $-\text{OH}$ . Группа  $-\text{COOH}$  за счет положительного заряда на атоме углерода снижает электронную плотность на связанном с ней углеводородном радикале, т.е. является по отношению к нему электроноакцепторным заместителем. В случае предельных кислот карбоксильная группа проявляет  $-I$ -эффект, а в непредельных (например,  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{COOH}$ ) и ароматических ( $\text{C}_6\text{H}_5-\text{COOH}$ ) –  $-I$  и  $-M$ -эффекты.

Карбоксильная группа, являясь электроноакцептором, вызывает дополнительную поляризацию связи  $\text{C}-\text{H}$  в соседнем ( $\alpha$ -) положении и



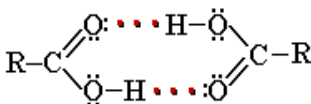
увеличивает подвижность  $\alpha$ -водородного атома в реакциях замещения по углеводородному радикалу.

Кислотные свойства карбоновых кислот обусловлены смещением электронной плотности к карбонильному кислороду и вызванной этим дополнительной (по сравнению со спиртами) поляризации связи O–H.

В водном растворе карбоновые кислоты диссоциируют на ионы:



Растворимость в воде и высокие температуры кипения кислот обусловлены образованием межмолекулярных водородных связей.



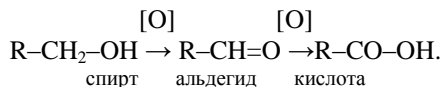
Образование димеров карбоновых кислот

С увеличением молекулярной массы растворимость кислот в воде уменьшается.

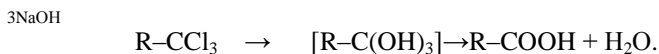
### 3. Методы получения кислот окислением альдегидов, спиртов, из галогенпроизводных, нитрилов

*Способы получения.*

1. Окисление альдегидов и первичных спиртов – общий способ получения карбоновых кислот. В качестве окислителей применяются  $\text{KMnO}_4$  и  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ .



2. Другой общий способ – гидролиз галогензамещенных углеводов, содержащих три атома галогена у одного атома углерода. При этом образуются спирты, содержащие группы OH у одного атома углерода – такие спирты неустойчивы и отщепляют воду с образованием карбоновой кислоты:



3. Получение карбоновых кислот из цианидов (нитрилов) – это важный способ, позволяющий наращивать углеродную цепь при получении исходного цианида. Дополнительный атом углерода вводят в

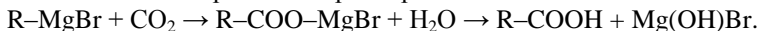


состав молекулы, используя реакцию замещения галогена в молекуле галогенуглеводорода цианидом натрия, например:  $\text{CH}_3\text{-Br} + \text{NaCN} \rightarrow \text{CH}_3\text{-CN} + \text{NaBr}$ .

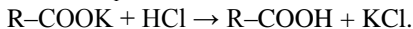
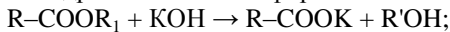
Образующийся нитрил уксусной кислоты (метилцианид) при нагревании легко гидролизуется с образованием ацетата аммония:  $\text{CH}_3\text{CN} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COONH}_4$ .

При подкислении раствора выделяется кислота:  $\text{CH}_3\text{COONH}_4 + \text{HCl} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{NH}_4\text{Cl}$ .

4. Использование реактива Гриньяра по схеме:



5. Гидролиз сложных эфиров:



6. Гидролиз ангидридов кислот:



7. Для отдельных кислот существуют специфические способы получения.

Муравьиную кислоту получают нагреванием оксида углерода(II) с порошкообразным гидроксидом натрия под давлением и обработкой полученного формиата натрия сильной кислотой:



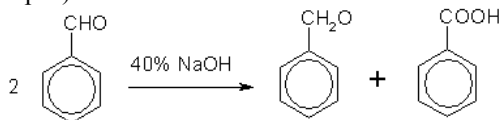
Уксусную кислоту получают каталитическим окислением бутана кислородом воздуха:



Для получения бензойной кислоты можно использовать окисление монозамещенных гомологов бензола кислым раствором перманганата калия:



Кроме того, бензойную кислоту можно получить из бензальдегида с помощью реакции Канницаро. В этой реакции бензальдегид обрабатывают 40–60%-ным раствором гидроксида натрия при комнатной температуре. Одновременное окисление и восстановление приводит к образованию бензойной кислоты и соответственно бензилметанола (бензилового спирта):



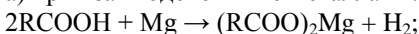


#### 4. Химические свойства карбоновых кислот

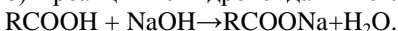
Карбоновые кислоты проявляют высокую реакционную способность. Они вступают в реакции с различными веществами и образуют разнообразные соединения, среди которых большое значение имеют функциональные производные, т. е. соединения, полученные в результате реакций по карбоксильной группе.

1. Образование солей;

а) при взаимодействии с металлами:



б) в реакциях с гидроксидами металлов:

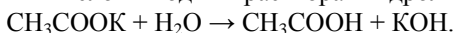


в) при взаимодействии с содой:



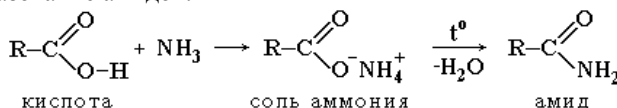
Карбоновые кислоты – слабые, поэтому сильные минеральные кислоты вытесняют их из соответствующих солей:  $\text{CH}_3\text{COONa} + \text{HCl} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaCl}$ .

Соли карбоновых кислот в водных растворах гидролизуются:

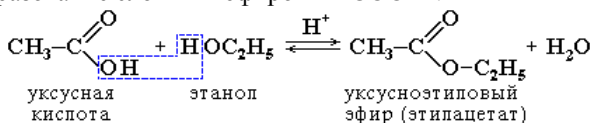


Отличие карбоновых кислот от минеральных заключается в возможности образования ряда функциональных производных.  $\text{RCOOH} + \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{RCOONa} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ .

2. Образование амидов:

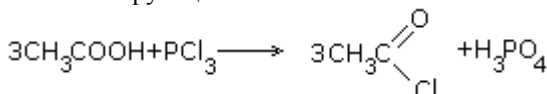


3. Образование сложных эфиров R'-COOR":



4. Взаимодействие с солями:  $2\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CaCO}_3 \rightarrow (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ .

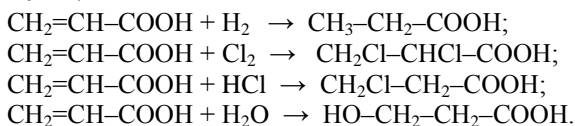
5. Действие галогенирующих агентов



6. Галогенирование кислот:  $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{Br}_2 \rightarrow \text{CH}_2\text{BrCOOH} + \text{HBr}$ .



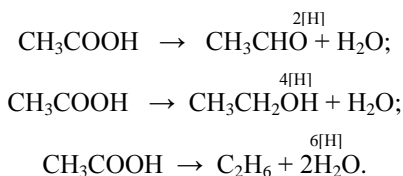
7. Непредельные карбоновые кислоты способны к реакциям присоединения:



Две последние реакции протекают против правила Марковникова.

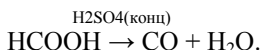
8. Окислительно-восстановительные реакции карбоновых кислот.

Карбоновые кислоты при действии восстановителей в присутствии катализаторов способны превращаться в альдегиды, спирты и даже углеводороды:

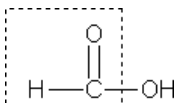


Насыщенные карбоновые кислоты устойчивы к действию концентрированных серной и азотной кислот.

9. Исключение составляет муравьиная кислота:



Муравьиная кислота  $\text{HCOOH}$  отличается рядом особенностей, поскольку в ее составе есть альдегидная группа:



Муравьиная кислота – сильный восстановитель и легко окисляется до  $\text{CO}_2$ . Она дает реакцию «серебряного зеркала»:  $\text{HCOOH} + 2[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH} \rightarrow 2\text{Ag} + (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 + 2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ , или в упрощенном виде:  $\text{HCOOH} + \text{Ag}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Ag} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .

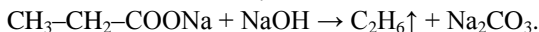
Кроме того, муравьиная кислота окисляется хлором:  $\text{HCOOH} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{HCl}$ .

10. В атмосфере кислорода карбоновые кислоты окисляются до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ :  $\text{CH}_3\text{COOH} + 2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ .

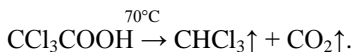
11. Реакции декарбоксилирования. Насыщенные незамещенные монокарбоновые кислоты из-за большой прочности связи  $\text{C}-\text{C}$  при нагревании декарбоксилируются с трудом. Для этого необходимо сплавление соли щелочного металла карбоновой кислоты со щелочью:



$t^\circ$



12. Появление электронодонорных заместителей в углеводородном радикале способствует реакции декарбоксилирования:

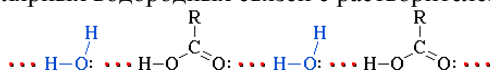


Двухосновные карбоновые кислоты легко отщепляют  $\text{CO}_2$  при нагревании:  $\text{HOOC-CH}_2\text{-COOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{CO}_2\uparrow$ .

Вследствие ассоциации молекул карбоновые кислоты имеют высокие температуры кипения и плавления. При нормальных условиях они существуют в жидком или твердом состоянии.

Например, простейший представитель – муравьиная кислота  $\text{HCOOH}$  – бесцветная жидкость с температурой кипения  $101^\circ\text{C}$ , а чистая безводная уксусная кислота  $\text{CH}_3\text{COOH}$  при охлаждении до  $16,8^\circ\text{C}$  превращается в прозрачные кристаллы, напоминающие лед (отсюда ее название ледяная кислота). Простейшая ароматическая кислота – бензойная  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$  (температура плавления  $122,4^\circ\text{C}$ ) – легко возгоняется, т.е. переходит в газообразное состояние, минуя жидкое. При охлаждении ее пары сублимируются в кристаллы. Это свойство используется для очистки вещества от примесей.

Растворимость карбоновых кислот в воде обусловлена образованием межмолекулярных водородных связей с растворителем:



Низшие гомологи  $\text{C}_1\text{-C}_3$  смешиваются с водой в любых соотношениях. С увеличением углеводородного радикала растворимость кислот в воде уменьшается. Высшие кислоты, например, пальмитиновая  $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$  и стеариновая  $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$  – бесцветные твердые вещества, нерастворимые в воде.

### Применение карбоновых кислот

Муравьиная кислота применяется в качестве восстановителя, в медицине – муравьиный спирт (1,25%-ный спиртовой раствор муравьиной кислоты).

Уксусная кислота применяется для синтеза красителей, медицинских препаратов, сложных эфиров, при производстве ацетатных волокон. В домашнем хозяйстве – как вкусовое и консервирующее вещество.

Амиды кислот играют важную роль в природе. Молекулы природных пептидов и белков построены из  $\alpha$ -аминокислот с участием амидных групп – пептидных связей.



Учреждение образования  
«Белорусская государственная  
ордена Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени  
сельскохозяйственная академия»

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1

Мерой полярности связи является *электрический момент диполя* – ЭДМ- $\mu$ , представляющий собой произведение длины диполя  $l$  на абсолютный эффективный заряд  $g$ :  $\mu = g \cdot l$ . Электрический момент диполя обычно выражают в дебаях (D):  $1D = 3,33 \cdot 10^{-30}$  Кл·м.)

#### Некоторые характеристики простейших связей

Связь	Энергия, кДж/моль	Длина, нм	Полярность $\mu$		Поляризуемость $a \cdot 10^{-24}, \text{см}^3$
			$10^{30} \cdot \text{Кл} \cdot \text{м}$	D	
C–C	339	0,154	0	0	1,3
C=C	611	0,133	0	0	4,2
C≡C	833	0,120	0	0	6,2
H–C	414	0,109	1,33	0,4	1,7
C–N	305	0,147	4,00	1,2	1,5
C=N	595	0,127	4,34	1,3	3,8
C≡N	888	0,115	13,36	4,0	4,8
C–O	368	0,143	5,34	1,6	1,5
C=O	724	0,121	10,68	3,2	3,3
C–F	427	0,140	7,68	2,3	1,7
C–Cl	326	0,176	7,68	2,3	6,5
C–Br	272	0,191	7,34	2,2	9,6
C–I	238	0,212	6,68	2,0	14,6
H–O	460	0,096	5,01	1,5	1,9
H–N	389	0,101	4,34	1,3	1,8
N–N	160	0,147			
N≡N	946	0,110			
N=O	678	0,115			

### Приложение 2

#### Номенклатура органических соединений

В настоящее время международный союз теоретической и прикладной химии (ИЮПАК) рекомендовал для использования номенклатуру, получившую название *номенклатура ИЮПАК*.

Таблица 1. Названия предельных углеводородов

Формула углеводорода	Название	Формула углеводорода	Название
$C_5H_{12}$	Пентан	$C_{11}H_{24}$	Ундекан
$C_6H_{14}$	Гексан	$C_{12}H_{26}$	Додекан
$C_7H_{16}$	Гептан	$C_{13}H_{28}$	Тридекан
$C_8H_{18}$	Октан	$C_{14}H_{30}$	Тетрадекан
$C_9H_{20}$	Нонан	.....	.....
$C_{10}H_{22}$	Декан	$C_{20}H_{42}$	Эйкозан



Таблица 2. Названия важнейших заместителей

Заместитель	Название	Заместитель	Название
$\text{CH}_3-$	метил	$\text{CH}_3$	
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-$	этил	$\begin{array}{c}   \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_2- \end{array}$	неопентил
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	н-пропил	$\begin{array}{c}   \\ \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	
$\text{CH}_3-\underset{\begin{array}{c}   \\ \text{CH}_3 \end{array}}{\text{CH}}-\text{CH}_3$	изопропил (пропил-2)	$\text{CH}_3$	
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2- \end{array}$	н-бутил	$\begin{array}{c}   \\ \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	трет-пентил
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}- \end{array}$	втор-бутил	$\begin{array}{c}   \\ \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}- \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	
$\text{CH}_3$			
$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2- \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	изобутил (2-метил-пропил-1)	$\text{CH}_2=$	метилен
		$\text{CH}\equiv$	метин
		$\text{CH}_3-\text{CH}=$	этилиден
		$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	этилен
		$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	триметилен
		$\text{CH}_2=\text{CH}-$	винил
		$\text{HC}\equiv\text{C}-$	этинил
		$\text{CH}_2=\text{C}-$	изопропенил
		$\begin{array}{c}   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	
$\text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-$	н-пентил	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}-$	1-бутенил
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2- \end{array}$	изопентил	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_2-$	2-бутенил
		$\text{CH}_2=\text{C}-\text{CH}_2-$	
		$\begin{array}{c}   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	метилаллил (металлил)
$\text{C}_6\text{H}_5-$	фенил	$\text{CH}_3-\text{C}=\text{O}$	ацетил
$\text{CH}_3-\text{C}_6\text{H}_4-$	толил (п-изомер)	$\begin{array}{c}   \\ \text{C}_6\text{H}_5-\text{C}=\text{O} \\   \end{array}$	бензоил
$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-$	бензил	$-\text{O}-\text{CH}_2-\text{O}-$	метилендиокси
$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}=\text{CH}-$	стирил		
$(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{CH}-$	бензгидрил (дифенил-метил)		
$(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{C}-$	тритил		
$\text{CH}_2=\text{C}=\text{CH}_2-$	винилиден		
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-$	аллил		
$\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-$	пропенил		
$\text{CH}_3-\text{CO}-\text{CH}_2-$	ацетонил		
$\text{CH}_3-\text{O}-$	метокси		
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{O}-$	этокси		

Простейшие спирты можно называть по соответствующему радикалу: метиловый спирт  $\text{CH}_3\text{OH}$ , изопропиловый спирт  $(\text{CH}_3)_2\text{CHOH}$  (но не изопропанол), трет-бутиловый спирт  $(\text{CH}_3)_3\text{COH}$ .



За некоторыми спиртами сохраняются тривиальные названия:

Аллиловый спирт	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2\text{OH}$ ;
Бензиловый спирт	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2\text{OH}$ ;
Фенилэтиловый спирт	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{OH}$ ;
Этиленгликоль	$\text{HOCH}_2-\text{CH}_2\text{OH}$ ;
Пропиленгликоль	$\text{CH}_3-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2\text{OH}$ ;
Глицерин (глицерол)	$\text{CH}_2(\text{OH})-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2(\text{OH})$ .

Для альдегидов допускаются тривиальные названия, если соответствующая кислота имеет тривиальное название:

Формальдегид	$\text{CH}_2\text{O}$ ;
Ацетальдегид	$\text{CH}_3-\text{CHO}$ ;
Пропиональдегид	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CHO}$ ;
Бутиральдегид	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CHO}$ ;
Изобутиральдегид	$(\text{CH}_3)_2\text{CH}-\text{CHO}$ ;
Валеральдегид	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_3-\text{CHO}$ ;
Изовалеральдегид	$(\text{CH}_3)_2\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CHO}$ ;
Акролеин (акриральдегид)	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CHO}$ ;
Кронональдегид	$\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CHO}$ ;
Бензальдегид	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CHO}$ .

Имеются исключения, например глиоксаль  $\text{O}=\text{CH}-\text{CH}=\text{O}$ .

Для некоторых кетонов допускаются тривиальные названия:

ацетон	$\text{CH}_3-\text{CO}-\text{CH}_3$ ;
окись мезитила	$(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{CH}-\text{CO}-\text{CH}_3$ ;
диацетил	$\text{CH}_3-\text{CO}-\text{CO}-\text{CH}_3$ ;
бензил (или дибензоил)	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CO}-\text{CO}-\text{C}_6\text{H}_5$ .

Сохраняются тривиальные названия заместителей:

ацетонил  $\text{CH}_3-\text{CO}-\text{CH}_2-$ , фенацил  $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CO}-\text{CH}_2-$ .

Таблица 3. Названия некоторых кислот и их радикалов

Название кислоты		Название радикала	Формула радикала
тривиальное	систематическое		
1	2	3	4
<b>Предельные алифатические монокарбоновые кислоты</b>			
Метановая	Муравьиная	Формил	$\text{HCO}-$
Этановая	Уксусная	Ацетил	$\text{CH}_3-\text{CO}-$
Пропановая	Пропионовая	Пропионил	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CO}-$
Бутановая	Масляная	Бутирил	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_2-\text{CO}-$
2-Метилпропановая	Изомасляная	Изобутирил	$(\text{CH}_3)_2\text{CH}-\text{CO}-$
Пentanовая	Валериановая	Валерил	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3-\text{CO}-$
3-Метилбутановая	Изовалериановая	Изовалерил	$(\text{CH}_3)_2\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CO}-$
Гептановая*	Энантовая	Энантоил	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5-\text{CO}-$
Октадекановая	Стеариновая	Стеароил	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}-\text{CO}-$
Гексадекановая	Пальмитинов.	Пальмитоил	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}-\text{CO}-$
1	2	3	4
<b>Предельные алифатические дикарбоновые кислоты</b>			
Этандиовая	Щавелевая	Оксалил	$-\text{OC}-\text{OC}-$
Пропандиовая	Малоновая	Малонил	$-\text{OC}-\text{CH}_2-\text{CO}-$
Бутандиовая	Янтарная	Сукцинил	$-\text{OC}-(\text{CH}_2)_2-\text{CO}-$




Пентандиовая	Глутаровая	Глутарил	$-\text{OC}-(\text{CH}_2)_3-\text{CO}-$
Гександиовая	Адипиновая	Адипоил	$-\text{OC}-(\text{CH}_2)_4-\text{CO}-$
<b>Непредельные алифатические кислоты</b>			
Пропеновая	Акриловая	Акрилоил	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CO}-$
Пропиновая	Пропиоловая	Пропиолоил	$\text{CH}\equiv\text{C}-\text{CO}-$
2-Метилпропеновая	Метакриловая	Метакрилоил	$\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{CO}-$
транс-Бутен-2-овая	Кротоновая	Кротоноил	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCO}-$
цис-Бутен-2-овая	Изокротоновая	Изокротоноил	— " —
цис-Октадецен-9-овая	Олеиновая	Олеоил	$\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{CH}_3$    $\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{CO}-$
цис-Бутен-2-диовая	Малеиновая	Малеолил	$-\text{OC}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CO}-$
транс-Бутен-2-диовая	Фумаровая	Фумароил	— " —
<b>Карбоциклические кислоты</b>			
Бензолкарбоновая	Бензойная	Бензоил	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CO}-$
Метилбензол- карбоновая	Толуиловая (о-, м-, п-)	Толуил (о-, м-, п-)	$\text{CH}_3-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CO}-$
1,2-Бензолди- карбоновая	Фталевая	Фталоил	
1,4-Бензолдикробоная	Терефталевая	Терефталоил	$-\text{OC}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CO}-$
транс-3-Фенилпропеновая	Коричная	Циннамоил	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}=\text{CH}-\text{CO}-$

Таблица 4. Старшинство основных функций,  
обозначаемых суффиксами (по убывающему старшинству)

№п/п	Класс	Префикс	Суффикс
1	Катионы	онио-	-оний (но -карбений $^+\text{CH}_3$ )
2	Карбоновые кислоты $-\text{COOH}$	карбокси-	-овая кислота (карбоновая кислота)
3	Нитрилы $-\text{C}\equiv\text{N}$	циано-	-нитрил (карбонитрил)
4	Альдегиды $-\text{CHO}$	формил-	аль- (карбальдегид)
5	Кетоны $>\text{C}=\text{O}$	оксо-	-он
6	Спирты $-\text{OH}$	гидрокси-	-ол
7	Тиолы $-\text{SH}$	меркапто-	-тиол
8	Амины	амино-	-амин
9	Двойная связь (=)	—	-ен
10	Тройная связь ( $\equiv$ )	—	-ин
11	Группы всегда вы- ступающие в каче- стве заместителей	$-\text{Br}, -\text{I}, -\text{Cl}, -\text{F},$ $-\text{NO}, -\text{NO}_2, -\text{O}-\text{R},$ $-\text{S}-\text{R}, -\text{N}_3, -\text{S}-\text{S}-\text{R},$ $-\text{SO}_2\text{R},$ $-\text{O}-\text{S}-\text{R}, -\text{OON}.$	



## ЛИТЕРАТУРА

### Основная

1. Ахметов, Н. С. Общая и неорганическая химия: Учебник для вузов/ Н. С. Ахметов. – М.: Высш. шк., 2006. – 743. .
2. Барковский, Е. В. Аналитическая химия: Учеб. пособие/ Е. В. Барковский. – Мн.: Высш. шк., 2004. – 351 с.
3. Барковский, Е. В. Введение в химию биогенных элементов и химический анализ: Учеб. пос./ Е. В. Барковский, С. В. Ткачев и др. – М.: Высш. шк., 1997. –126 с.
4. Болдырев, А. И. Физическая и коллоидная химия. – М.: Высш. шк., 1983.
5. Гольбрайх, З. Е. Сборник задач и упражнений по химии: Учеб. пособие/ З. Е. Гольбрайх.–М.:ОО «Издательство Астрель»,2004.–383с
6. Грандберг, И.И. Органическая химия: Учеб. для студ. вузов обучающихся на агрономических специальностях/ И. И. Грандберг. – М.: Дрофа, 2004. –672 с.
7. Князев Д. А. Неорганическая химия: Учебник для вузов/ Д. А. Князев, С. Н. Смаыгин. – М.: Высш. шк., 1990. – 430 с.
8. Руководство к изучению курса “Общая и неорганическая химия”: Пособие для студентов нехимических специальностей / И. Е. Шиманович [и др.]; под ред. И.Е. Шимановича. – 3-е изд. – Минск: РИВШ, 2008. – 112 с.
9. Химия. Курс лекций: учебно-методическое пособие / О. В. Поддубная [и др.]. – Горки : БГСХА, 2024. – 383 с.
10. Химия. Лабораторный практикум: учеб. пособие/А. Р. Цыганов, О. В. Поддубная, И. В. Ковалева, Т. В. Булак.–Минск: ИВЦ Минфина, 2015. – 320 с.
11. Угай Я. А. Общая и неорганическая химия: Учебник для вузов/ Я. А. Угай. 4-е изд. – М.: Высш. шк., 2004. – 440 с.
12. Химия: учебно-методический комплекс: Учебно-методическое пособие / О. В. Поддубная, И.В. Ковалева и др. – Горки: БГСХА, 2011. – 452 с. ISBN 978-985-467-359-2
13. Хмельницкий, Р. А. Физическая и коллоидная химия: Учебник для вузов/ Р. А. Хмельницкий. – М.: Высш. шк., 1988.
14. Цитович, Н. К. Курс аналитической химии: Учебник для вузов/ Н. К. Цитович. – М.: Высш. шк., 1987. – 403 с.
15. Цыганов, А. Р. Сборник задач и упражнений по химии: Учеб. пособие / А. Р. Цыганов, О. В. Поддубная. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 236 с.
16. Щербина, А.Э. Органическая химия. Задачи и упражнения: Учеб. пособие / А.Э. Щербина, Л.Г. Матусевич, И.В. Сенько. – Минск : Новое знание, 2007. – 304 с.

### Дополнительная

1. Белясова, Н.А. Биохимия и молекулярная биология: Учеб. пособие/ Н.А. Белясова. – Минск: Книжный дом, 2004. – 416 с.
2. Введение в лабораторный практикум по неорганической химии: Учеб. пособие / В.В. Свиридов, Г.А.Попкович и др. – Мн : Выш. шк., 2003. – 96 с.
3. Дорохова, Е. Н. Аналитическая химия. Физико-химические методы анализа: Учебник для почвенно-агрохимических специальностей / Е. Н. Дорохова, Г. В. Прохорова. – М.: Высш. шк., 1991. – 354 с.
4. Жарский, И. М. Теоретические основы химии: сборник задач: Учеб. пособие. – Минск.: Аверсев, 2004. – 397 с.
5. Практикум по общей и биоорганической химии: Учеб. пособие для студ. высш. уч. завед. под ред. В. А. Попкова. – 3-е изд. – М.: Изд. центр «Академия», 2008. – 240 с.
6. Слесарев, В. И. Химия: основы химии живого: Учебник для вузов / В. И. Слесарев. – СПб: Химиздат, 2001. – 784 с.
7. Степин, Б. Д. Неорганическая химия: Учебник для вузов/ Б. Д. Степин, А.А. Цветков. – М.: Высш. шк., 1994. – 608 с.

### Справочники:

1. Краткий химический справочник. – М.: Химия, 1977.
2. Кольман, Я. Наглядная биохимия: Пер. с нем/ Я.Кольман, К.Г. Рем. – М.: Мир, 2000. – 469 с.
3. Лидин, Р.А. Химические свойства неорганических веществ/ Под ред. Р.А. Лидина. – 5-е изд., стер. – М.: КолосС, 2008, – 480 с.



Учреждение образования  
«Белорусская государственная  
орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени  
сельскохозяйственная академия»



Составители  
**Поддубная Ольга Владимировна**  
**Ковалева Ирина Владимировна**