



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



**Кафедра биологии растений и химии**

# **ХИМИЯ**

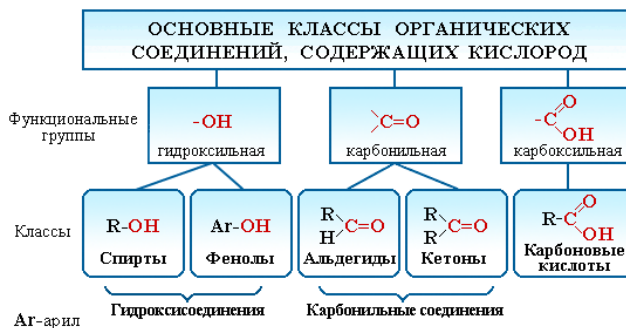
**Теоретический раздел  
Лекция  
Спирты**



# СПИРТЫ

## 1. Классификация спиртов

Существует огромное число органических соединений, в состав которых наряду с углеродом и водородом входит кислород. Атом кислорода содержится в различных функциональных группах, определяющих принадлежность соединения к конкретному классу.



Соединения каждого класса образуют различные производные. Например, к производным спиртов относятся простые эфиры  $\text{ROR}'$ , к производным карбоновых кислот – сложные эфиры  $\text{RCOOR}'$ , амиды  $\text{RCONH}_2$ , ангидриды  $(\text{RCO})_2\text{O}$ , хлорангидриды  $\text{RCOCl}$  и т. д.

Кроме того, большую группу составляют гетерофункциональные соединения, содержащие различные функциональные группы:

гидроксиальдегиды  $\text{HO-R-CHO}$ ;

гидроксикетоны  $\text{HO-R-CO-R}'$ ;

гидроксикислоты  $\text{HO-R-COOH}$  и т. п.

**Спирты** – соединения алифатического ряда, содержащие одну или несколько гидроксильных групп. Общая формула спиртов с одной гидроксигруппой –  $\text{R-OH}$ . Спирты классифицируют по различным структурным признакам.

По числу гидроксильных групп спирты подразделяются на одноатомные (одна группа  $\text{-OH}$ ), многоатомные (две и более групп  $\text{-OH}$ ).

Современное название многоатомных спиртов – полиолы (диолы, триолы и т. д.).

Примеры:

двухатомный спирт –  $\text{HO-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$  этиленгликоль (этанediол);



трехатомный спирт –  $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2-\text{OH}$  глицерин (пропантриол-1,2,3).

В зависимости от того, с каким атомом углерода (первичным, вторичным или третичным) связана гидроксигруппа, различают спирты:

первичные  $\text{R}-\text{CH}_2-\text{OH}$ ;

вторичные  $\text{R}_2\text{CH}-\text{OH}$ ;

третичные  $\text{R}_3\text{C}-\text{OH}$ .



В многоатомных спиртах различают первично-, вторично- и третичноспиртовые группы. Например, молекула трехатомного спирта глицерина содержит две первичноспиртовые ( $\text{HO}-\text{CH}_2-$ ) и одну вторичноспиртовую ( $-\text{CH}(\text{OH})-$ ) группы.

По строению радикалов, связанных с атомом кислорода, спирты подразделяются следующим образом:

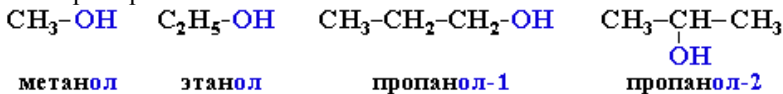
предельные, или алканола (например,  $\text{CH}_3\text{CH}_2-\text{OH}$ );

непредельные, или алкенола ( $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{OH}$ );

ароматические ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2-\text{OH}$ ).

Систематические названия даются по названию углеводорода с добавлением суффикса *-ол* и цифры, указывающей положение гидроксигруппы (если это необходимо).

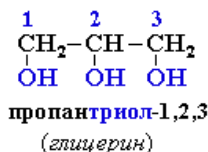
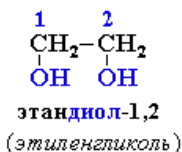
Например:



Нумерация ведется от ближайшего к  $\text{OH}$ -группе конца цепи. Цифра, отражающая местоположение  $\text{OH}$ -группы, в русском языке обычно ставится после суффикса *-ол*. Это разгружает словесную часть названия от цифр (например, 2-метилбутанол-1). В англоязычной литературе цифру ставят перед названием главной цепи: 2-метил-1-бутанол. Правила IUPAC разрешают учитывать особенности национального языка. По другому способу (радикально-функциональная номенклатура)

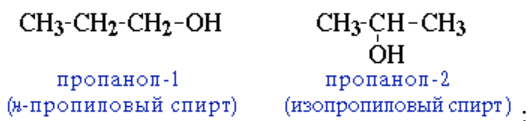


ра) названия спиртов производят от названий радикалов с добавлением слова «спирт». В соответствии с этим способом приведенные выше соединения называют: метиловый спирт, этиловый спирт, n-пропиловый спирт, изопропиловый спирт. В названиях многоатомных спиртов (полиолов) положение и число гидроксильных групп указывают соответствующими цифрами и суффиксами *-диол* (две OH-группы), *-триол* (три OH-группы) и т. д. Например:



Для спиртов характерна структурная изомерия:

- изомерия положения OH-группы (начиная с C<sub>3</sub>):

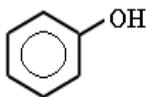


- углеродного скелета (начиная с C<sub>4</sub>); например, формуле C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>OH соответствует 4 структурных изомера:

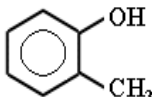


- межклассовая изомерия с простыми эфирами (например, этиловый спирт CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>-OH и диметиловый эфир CH<sub>3</sub>-O-CH<sub>3</sub>).

**Фенолы** – гидроксисоединения, в молекулах которых OH-группы связаны непосредственно с бензольным ядром.

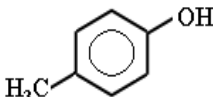


Фенол



*орто*-Крезол

(1-гидрокси-  
2-метилбензол)

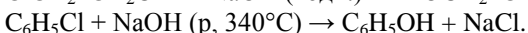
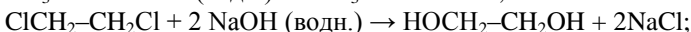
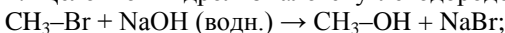


*пара*-Крезол

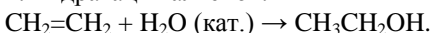
(1-гидрокси-  
4-метилбензол)

## 2. Основные способы получения

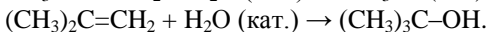
1. Щелочной гидролиз галогенуглеводородов:



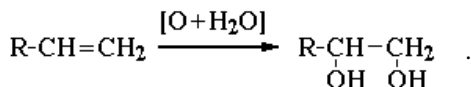
2. Гидратация алкенов:



Присоединение воды к несимметричным алкенам идет по правилу Марковникова с образованием вторичных и третичных спиртов:



3. Гликоли получают окислением алкенов щелочным раствором  $\text{KMnO}_4$ :



4. Кумольный способ получения фенола. Преимущества метода: безотходная технология (выход полезных продуктов более 99 %) и экономичность. В настоящее время кумольный способ используется как основной в мировом производстве фенола:



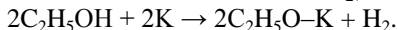
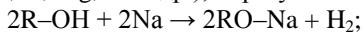
## 3. Химические свойства спиртов и фенолов

*Реакции по связи O-H.* Легкость этих реакций и строение образующихся продуктов зависят от строения углеводородного радикала и взаимного влияния атомов. Реакционная способность одноатомных

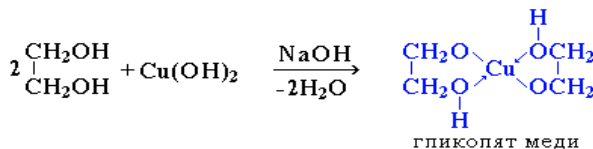


спиртов в реакциях по связи О–Н:  $\text{CH}_3\text{OH}$  > первичные > вторичные > третичные. К наиболее характерным реакциям гидроксисоединений, идущим с разрывом связи О–Н, относятся:

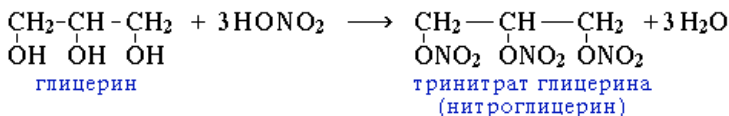
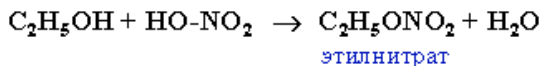
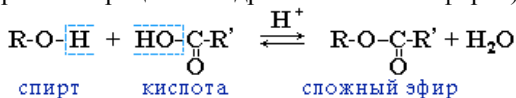
реакции замещения атома водорода на металл (кислотные свойства) – одноатомные спирты реагируют с активными металлами (Na, K, Mg, Al и др.), образуя соли – алкоголяты:



Многоатомные спирты с ОН-группами у соседних атомов углерода (этиленгликоль, глицерин и т. п.) являются более сильными кислотами, чем одноатомные спирты. Такие спирты в отличие от одноатомных взаимодействуют с раствором гидроксида меди(II) в присутствии щелочи, образуя комплексные соединения, окрашивающие раствор в ярко-синий цвет (качественная реакция):

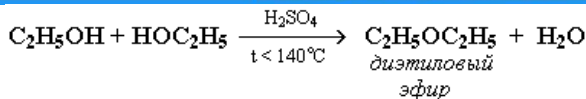


Реакции замещения атома водорода на остаток кислоты (образование сложных эфиров). Спирты вступают в реакции с минеральными и органическими кислотами, образуя сложные эфиры. Реакция обратима (обратный процесс – гидролиз сложных эфиров).

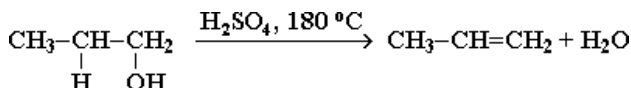


Реакционная способность одноатомных спиртов в этих реакциях убывает от первичных к третичным. Фенолы не образуют сложные эфиры в реакциях с кислотами.

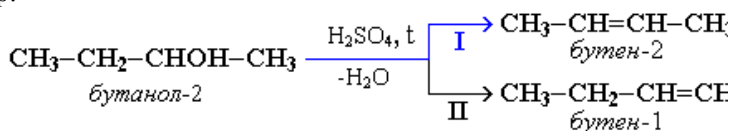
При межмолекулярной дегидратации спиртов также происходит нуклеофильное замещение: ОН-группа в одной молекуле спирта замещается на группу OR другой молекулы:



*Реакции отщепления водорода при окислении и дегидрировании.*  
*Реакции дегидратации спиртов.* Отщепление воды от молекул спирта (дегидратация спиртов) в зависимости от условий происходит как внутримолекулярная или межмолекулярная реакция. Внутримолекулярная дегидратация спиртов с образованием алкенов идет в присутствии концентрированной серной кислоты при повышенной температуре:

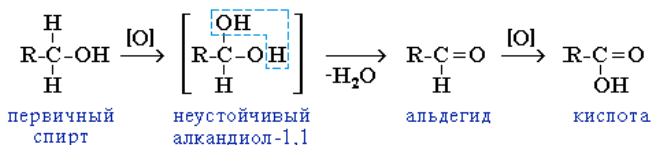


В тех случаях, когда возможны два направления реакции, например:

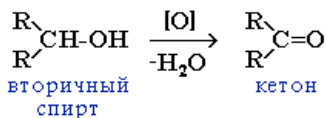


дегидратация идет преимущественно в направлении I, т. е. по правилу Зайцева – с образованием более замещенного алкена (водород отщепляется от менее гидрогенизированного атома углерода).

*Реакции окисления.* Окислители –  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{O}_2$  + катализатор. Легкость окисления спиртов уменьшается в ряду: первичные  $\geq$  вторичные  $\gg$  третичные. Первичные спирты при окислении образуют альдегиды, которые затем легко окисляются до карбоновых кислот:

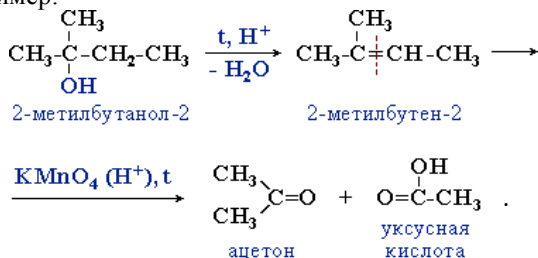


При окислении вторичных спиртов образуются кетоны:



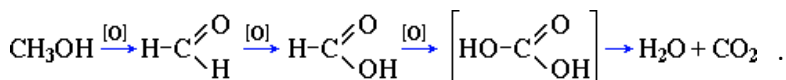


Третичные спирты более устойчивы к действию окислителей. Они окисляются только в жестких условиях (кислая среда, повышенная температура), что приводит к разрушению углеродного скелета молекулы и образованию смеси продуктов (карбоновых кислот и кетонов с меньшей молекулярной массой). Процесс идет через стадию дегидратации спирта с последующим деструктивным (жестким) окислением алкена. Например:



Предельное окисление гидроксисоединений до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  происходит при их горении, например:  $2\text{CH}_3\text{OH} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ .

Полное окисление метанола идет по схеме:



При сгорании спиртов выделяется большое количество тепла.

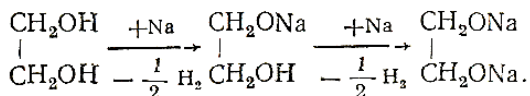


Благодаря высокой экзотермичности реакции горения этанола он считается перспективным и экологически чистым заменителем бензинового топлива в двигателях внутреннего сгорания. В лабораторной практике этанол применяется как горючее для спиртовок.

#### 4. Двухатомные и трехатомные спирты

Взаимодействие этиленгликоля с металлическим натрием.

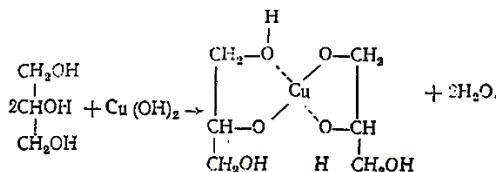
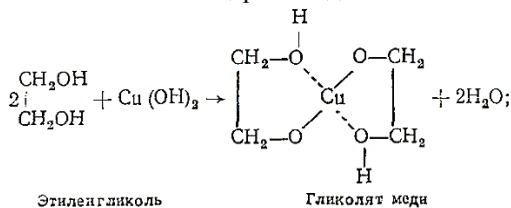
Реакция сопровождается выделением тепла:





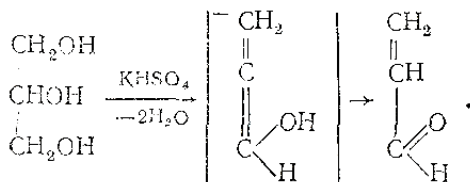
Образуются неполный и полный гликоляты натрия. После полного растворения натрия, образовавшиеся гликоляты разлагают водой. Раствор испытывают фенолфталеином, в результате чего появляется характерная окраска малинового цвета.

Образование гликолята и глицерата меди



Одноатомный этиловый спирт с гидроксидом меди не реагирует. Способность растворять гидроксид меди(II) является характерной особенностью многоатомных спиртов.

Дегидратация глицерина



Неприятный запах, возникающий при подгорании жира, объясняется также образованием акролеина из глицерина, который входит в состав жиров.



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 <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	Пентан	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	Ундекан
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	Гексан	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	Додекан
C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	Гептан	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	Тридекан
C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	Октан	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	Тетрадекан
C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	Нонан	.....	.....
C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	Декан	C <sub>20</sub> H <sub>42</sub>	Эйкозан



Таблица 2. Названия важнейших заместителей

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

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	$C_6H_5-CH_2OH$ ;
Фенилэтиловый спирт	$C_6H_5-CH_2-CH_2OH$ ;
Этиленгликоль	$HOCH_2-CH_2OH$ ;
Пропиленгликоль	$CH_3-CH(OH)-CH_2OH$ ;
Глицерин (глицерол)	$CH_2(OH)-CH(OH)-CH_2(OH)$ .

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

Формальдегид	$CH_2O$ ;
Ацетальдегид	$CH_3-CHO$ ;
Пропиональдегид	$CH_3-CH_2-CHO$ ;
Бутиральдегид	$CH_3-CH_2-CH_2-CHO$ ;
Изобутиральдегид	$(CH_3)_2CH-CHO$ ;
Валеральдегид	$CH_3-(CH_2)_3-CHO$ ;
Изовалеральдегид	$(CH_3)_2CH-CH_2-CHO$ ;
Акролеин (акриальдегид)	$CH_2=CH-CHO$ ;
Кроноальдегид	$CH_3-CH=CH-CHO$ ;
Бензальдегид	$C_6H_5-CHO$ .

Имеются исключения, например глиоксаль  $O=CH-CH=O$ .

Для некоторых кетонов допускаются тривиальные названия:

ацетон	$CH_3-CO-CH_3$ ;
окись мезитила	$(CH_3)_2C=CH-CO-CH_3$ ;
диацетил	$CH_3-CO-CO-CH_3$ ;
бензил (или дибензоил)	$C_6H_5-CO-CO-C_6H_5$ .

Сохраняются тривиальные названия заместителей:

ацетонил  $CH_3-CO-CH_2-$ , фенацил  $C_6H_5-CO-CH_2-$ .

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	$HCO-$
Этановая	Уксусная	Ацетил	$CH_3-CO-$
Пропановая	Пропионовая	Пропионил	$CH_3-CH_2-CO-$
Бутановая	Масляная	Бутирил	$CH_3-(CH_2)_2-CO-$
2-Метилпропановая	Изомасляная	Изобутирил	$(CH_3)_2CH-CO-$
Пентановая	Валериановая	Валерил	$CH_3(CH_2)_3-CO-$
3-Метилбутановая	Изовалериановая	Изовалерил	$(CH_3)_2CH-CH_2-CO-$
Гептановая*	Энантовая	Энантоил	$CH_3(CH_2)_5-CO-$
Октадекановая	Стеариновая	Стеароил	$CH_3(CH_2)_{16}-CO-$
Гексадекановая	Пальмитинов.	Пальмитоил	$CH_3(CH_2)_{14}-CO-$
1	2	3	4
<b>Предельные алифатические дикарбоновые кислоты</b>			
Этандиовая	Щавелевая	Оксалил	$-OC-OC-$
Пропандиовая	Малоновая	Малонил	$-OC-CH_2-CO-$
Бутандиовая	Янтарная	Сукцинил	$-OC-(CH_2)_2-CO-$
Пентандиовая	Глутаровая	Глутарил	$-OC-(CH_2)_3-CO-$



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	Кроотоновая	Кроотоноил	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCO}-$
цис-Бутен-2-овая	Изокроотоновая	Изокроотоноил	— " " —
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-Бензолдикарбоновая	Терефталевая	Терефталоил	$-\text{OC}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CO}-$
транс-3-Фенилпропеновая	Кориичная	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 $-\text{COOH}$	карбокиси-	-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 выступающие в качестве 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**