



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



**Кафедра биологии растений и химии**

# **ХИМИЯ**

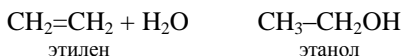
**Теоретический раздел  
Лекция  
Понятие о механизме реакций**



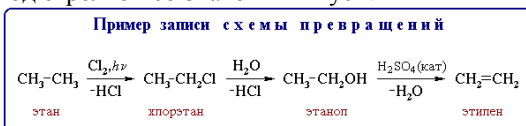
## ПОНЯТИЕ О МЕХАНИЗМЕ РЕАКЦИИ

### 1. Классификация химических реакций по конечному результату

Многочисленные реакции, протекающие в живой клетке или в пробирке, разделяются на несколько классов по их механизму. На простых примерах здесь показано значение разных типов реакций в органической химии. На схеме приведены лишь исходные соединения и конечные продукты реакции. В реакциях органических соединений, как правило, изменения затрагивают только часть молекулы, ее основная конструкция (углеродный скелет) сохраняется. Например:



В случае неорганических реакций более характерен распад соединения на ионы или атомы, из которых образуются совершенно новые конструкции. Большинство органических реакций протекают значительно медленнее реакций неорганических веществ и обычно не завершаются полностью вследствие их обратимости. Многие органические реакции включают несколько элементарных стадий. Последовательность нескольких реакций принято изображать в виде схемы превращений, в которой действующий на органическое соединение реагент записывается над стрелкой, а выделяющийся побочный продукт – под стрелкой со знаком «минус»:



Многие органические реакции являются сложными и идут в несколько элементарных стадий (последовательных или параллельных). Общая скорость сложной химической реакции определяется скоростью ее наиболее медленной (лимитирующей) стадии. Лимитирующей является стадия с более высокой энергией активации  $E_a$ . В случае сложных реакций на некоторых стадиях образуются нестабильные промежуточные частицы – органические ионы или свободные радикалы. Их относительная устойчивость и следовательно, вероятность образования растут с увеличением возможности делокализации (рассредоточения) заряда в ионе или неспаренного электрона в радикале.

Классификацию органических реакций проводят на основе общих для всех реакций признаков: строение и состав исходных и конечных продуктов; изменение степеней окисления реагирующих частиц; тепловой эффект реакции; ее обратимость и т.п. Наиболее часто органические реакции классифицируют по следующим признакам:



по конечному результату реакции (на основе сопоставления строения исходных и конечных продуктов);

по минимальному числу частиц, участвующих в элементарной реакции;

по механизму разрыва ковалентных связей в реагирующих молекулах.

Тип многостадийных реакций определяют по самой медленной (лимитирующей) стадии. Различные способы классификации часто сочетаются друг с другом.

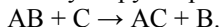
В основе этой классификации лежит сопоставление числа, состава и строения исходных и конечных продуктов по уравнению реакции. В соответствии с конечным результатом различают следующие типы органических реакций:

- замещение;
- присоединение;
- отщепление (элиминирование);
- изомеризация (перегруппировка);
- разложение.

Если процесс сопровождается изменением степени окисления атома углерода в органическом соединении, то выделяют также реакции окисления и восстановления. Окисление и восстановление органических веществ может проходить по какому-либо из названных выше типов реакций.

#### ***Реакции замещения.***

Атом или атомная группировка в молекуле органического соединения замещается на другой атом (или атомную группировку):



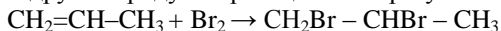
Реакции этого типа можно рассматривать как реакции обмена, но в органической химии предпочтительней термин «замещение», поскольку в обмене участвует (замещается) лишь меньшая часть органической молекулы. Примеры:



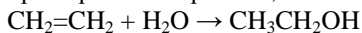
$CH_3CH_2Cl + KOH \text{ (водн. р-р)} \rightarrow CH_3CH_2OH + KCl$  щелочной гидролиз хлорэтана.

#### ***Реакции присоединения.***

В реакциях присоединения молекула органического соединения и молекула простого или сложного вещества соединяются в новую молекулу, при этом другие продукты реакции не образуются:  $A + B \rightarrow C$ . Примеры:



бромирование пропена;



гидратация этилена.

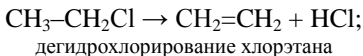
К реакциям присоединения относятся также реакции полимеризации:  $nA \rightarrow A_n$ . Например, образование полиэтилена:  $nCH_2=CH_2 \rightarrow (-CH_2-CH_2-)_n$ .

#### ***Реакции отщепления.***

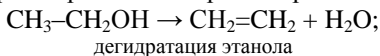


В реакции отщепления (элиминирования) происходит отрыв атомов или атомных групп от молекулы исходного вещества при сохранении ее углеродного скелета.  $A \rightarrow B + C$ . Например:

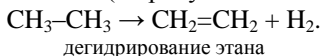
отщепление хлороводорода (при действии на хлоралкан спиртовым раствором щелочи)



отщепление воды (при нагревании спирта с серной кислотой)



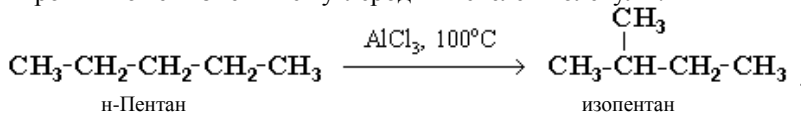
отщепление водорода от алкана (в присутствии катализатора)



### ***Реакции изомеризации или перегруппировки.***

В органическом соединении происходит переход (миграция) отдельных атомов или групп атомов от одного участка молекулы к другому без изменения ее качественного и количественного состава:  $A \rightarrow B$ .

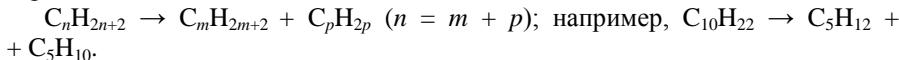
В этом случае исходное вещество и продукт реакции являются изомерами (структурными или пространственными). Например, в результате перегруппировки может изменяться углеродный скелет молекулы:



### ***Реакции разложения.***

В результате реакции разложения из молекулы сложного органического вещества образуется несколько менее сложных или простых веществ:  $A \rightarrow B + C + \dots$

К этому типу реакций относится процесс крекинга – расщепление углеродного скелета крупных молекул при нагревании и в присутствии катализаторов:



Реакции разложения при высокой температуре называют пиролизом, например:



### ***Реакции окисления и восстановления.***

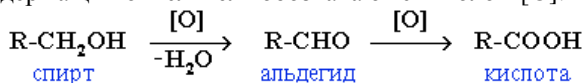
Окислительно-восстановительные реакции – реакции, в ходе которых меняется степень окисления атомов, входящих в молекулу. Для органических реакций этого типа применимы те же законы, что и для неорганических. От-



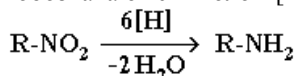
личием является то, что в органической химии окислительно-восстановительные процессы рассматриваются, прежде всего, по отношению к органическому веществу и связываются с изменением степени окисления углерода, являющегося реакционным центром молекулы. Эти реакции могут проходить по типу реакций присоединения, отщепления, замещения и т.п. Если атом углерода в органической молекуле окисляется (отдает электроны более электроотрицательному атому), то этот процесс относят к реакциям окисления, так как продукт восстановления окислителя (обычно неорганическое вещество) не является конечной целью данной реакции. И наоборот, реакцией восстановления считают процесс восстановления атома углерода в органическом веществе.

Часто в органической химии ограничиваются рассмотрением реакций окисления и восстановления как реакций, связанных с потерей и приобретением атомов водорода и кислорода.

Вещество окисляется, если оно теряет атомы Н и (или) приобретает атомы О. Кислородсодержащий окислитель обозначают символом [O]:



Вещество восстанавливается, если оно приобретает атомы Н и (или) теряет атомы О. Восстановитель обозначают символом [H]:



Степень окисления углерода в его соединениях изменяется в диапазоне от -4 (например, в метане  $\text{CH}_4$ ) до +4 (в  $\text{CO}_2$ ). В органических соединениях атомы углерода в одной и той же молекуле могут иметь разные степени окисления:  $^{-3}\text{CH}_3^{-1}\text{CH}_2\text{-OH}$ .

## 2. Классификация реакций по механизму разрыва связей

В зависимости от способа разрыва ковалентной связи в реагирующей молекуле органические реакции подразделяются на радикальные и ионные реакции. Ионные реакции в свою очередь делятся по характеру реагента, действующего на молекулу, на электрофильные и нуклеофильные. Разрыв ковалентной связи может происходить двумя способами, обратными механизмам ее образования.

Рассматривая механизм реакции, прежде всего, обращают внимание на способ разрыва ковалентной связи в реагирующей молекуле. Таких способов два – **гомолитический** и **гетеролитический**.



Разрыв связи, при котором каждый атом получает по одному электрону из общей пары, называется *гомолитическим*: В результате гомолитического разрыва образуются сходные по электронному строению частицы, каждая из которых имеет неспаренный электрон. Такие частицы называются свободными радикалами.

Если при разрыве связи общая электронная пара остается у одного атома, то такой разрыв называется *гетеролитическим*. В результате образуются разноименно заряженные ионы – катион и анион. Если заряд иона сосредоточен на атоме углерода, то катион называют карбокатионом, а анион – карбанионом.

Гомолитический разрыв более характерен для неполярных и слабополярных связей, а гетеролитический – для полярных.

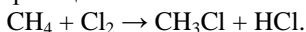
Органические катионы, анионы и свободные радикалы являются неустойчивыми промежуточными частицами. Они возникают при разрыве ковалентных связей на некоторых стадиях в сложных реакциях и сразу же вступают в дальнейшие превращения. Относительная устойчивость и следовательно, вероятность образования той или иной частицы определяются возможностью рассредоточения (делокализации) заряда в ионе или неспаренного электрона в радикале. Чем больше рассредоточен заряд в ионе или неспаренный электрон в радикале, тем меньшим запасом энергии обладают эти частицы и тем они стабильнее. Возможность делокализации электронов в ионе или радикале зависит от их строения и определяется влиянием атомов и атомных групп (электронными эффектами заместителей), связанных с атомом, несущим заряд или неспаренный электрон.

От устойчивости промежуточных частиц зависит направление реакции. Чем ниже энергия промежуточной частицы (т.е. больше устойчивость), тем меньше энергия активации ее образования. Это в значительной степени определяет направление реакции в соответствии с правилом: реакция идет через образование наиболее устойчивых промежуточных частиц.

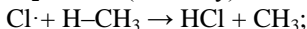
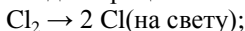
Реакции, в которых происходит гомолитический разрыв связей и образуются свободно-радикальные промежуточные частицы, называются радикаль-



ными реакциями. Пример – реакция радикального замещения при хлорировании метана. Общая схема реакции:



Стадии процесса:



Механизм радикального замещения обозначается символом  $S_R$  (по первым буквам английских терминов:  $S$  – substitution [замещение],  $R$  – radical [радикал]).

Реакции с участием свободных радикалов характерны для соединений с неполярными и слабополярными связями. Такие связи (например,  $\text{C}-\text{C}$ ,  $\text{C}-\text{H}$ ,  $\text{Cl}-\text{Cl}$ ,  $\text{O}-\text{O}$  и т.п.) склонны к гомолитическому разрыву.

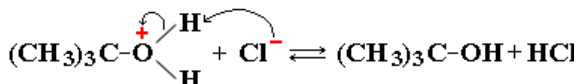
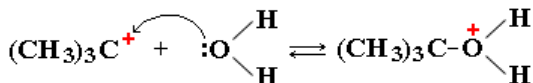
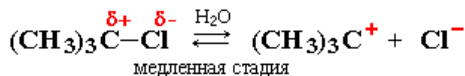
Условия проведения радикальных реакций:

- повышенная температура (часто реакцию проводят в газовой фазе);
- действие света или радиоактивного излучения;
- присутствие соединений – источников свободных радикалов (инициаторов);
- присутствие неполярных растворителей.

Реакции, в которых происходит гетеролитический разрыв связей и образуются промежуточные частицы ионного типа, называются ионными реакциями. Такие реакции характерны для соединений с полярными связями ( $\text{C}-\text{O}$ ,  $\text{C}-\text{N}$ ,  $\text{C}-\text{Cl}$ ) и связями с высокой поляризуемостью ( $\text{C}=\text{C}$ ,  $\text{C}=\text{C}-\text{C}=\text{C}$ ,  $\text{C}=\text{O}$  и т.п.), благодаря их склонности к гетеролитическому разрыву. Пример ионной реакции – гидролиз 2-метил-2-хлорпропана (триметилхлорметана, трет-бутилхлорида).

Общая схема реакции:  $(\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{Cl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{OH} + \text{HCl}$ .

Стадии процесса:



Органические катионы и анионы – неустойчивые промежуточные частицы. В отличие от неорганических ионов, постоянно присутствующих в вод-



ных растворах и расплавах, они возникают только в момент реакции и сразу же вступают в дальнейшие превращения. Условия ионных реакций:

невысокая температура;

полярные растворители, способные к сольватации образующихся ионов.

Действие света или радиоактивного излучения не влияет на скорость ионных реакций.

По характеру реагента, действующего на молекулу, ионные реакции делятся на электрофильные и нуклеофильные.

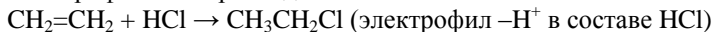
### **Электрофильные реакции.**

Электрофильной называется реакция, в которой молекула органического вещества подвергается действию электрофильного реагента. Электрофильные («любящие электроны») реагенты или электрофилы – это частицы (катионы или молекулы), имеющие свободную орбиталь на внешнем электронном уровне. Примеры электрофильных частиц:

$H^+$ ,  $CH_3^+$  и другие карбокатионы,  $NO_2^+$ ,  $ZnCl_2$ ,  $AlCl_3$ .

Незаполненность внешнего электронного уровня в электрофиле показана на примере  $AlCl_3$ .

Электрофильное присоединение:

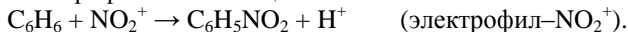


Стадии:



Механизм электрофильного присоединения обозначается символом  $Ad_E$  (по первым буквам английских терминов:  $Ad$  – addition [присоединение],  $E$  – electrophile [электрофил]).

Электрофильное замещение:



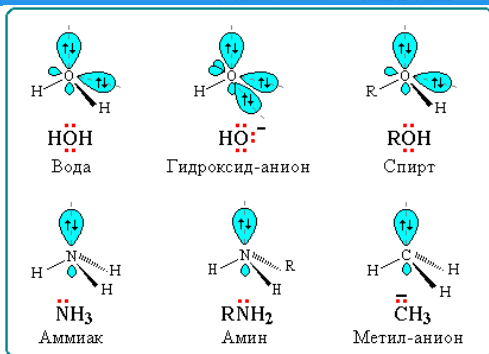
Катион  $NO_2^+$  образуется в смеси конц. кислот  $HNO_3$  и  $H_2SO_4$ .

Обозначение механизма  $-S_E$  ( $S$  – substitution [замещение]).

### **Нуклеофильные реакции.**

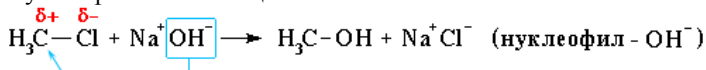
Нуклеофильной называется реакция, в которой молекула органического вещества подвергается действию нуклеофильного реагента. Нуклеофильные («любящие ядро») реагенты, или нуклеофилы – это частицы (анионы или молекулы), имеющие неподеленную пару электронов на внешнем электронном уровне. Примеры нуклеофильных частиц:  $H^-$ ,  $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $CN^-$ ,  $H_2O$ ,  $CH_3OH$ ,  $NH_3$ .

Строение некоторых нуклеофильных реагентов



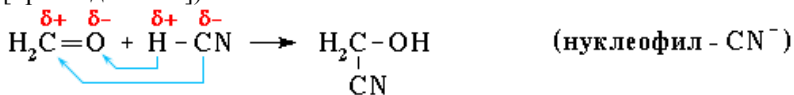
Благодаря подвижности  $\pi$ -электронов, нуклеофильными свойствами обладают также молекулы, содержащие  $\pi$ -связи:  $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ ,  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$ ,  $\text{C}_6\text{H}_6$  и т.п. Это объясняет, почему этилен  $\text{CH}_2=\text{CH}_2$  и бензол  $\text{C}_6\text{H}_6$ , имея неполярные углерод-углеродные связи, вступают в ионные реакции с электрофильными реагентами. Примеры нуклеофильных реакций

Нуклеофильное замещение:



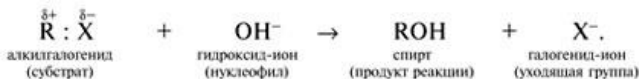
Механизм нуклеофильного замещения обозначается символом  $S_N$  (по первым буквам английских терминов:  $S$  – substitution [замещение],  $N$  – nucleophile [нуклеофил]).

Нуклеофильное присоединение: Обозначение механизма  $-Ad_N$  ( $Ad$  – addition [присоединение]).

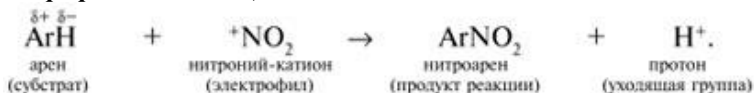


Примеры ионных реакций разных типов.

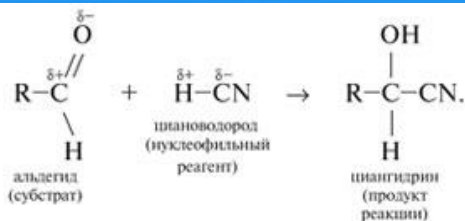
**Нуклеофильное замещение:**



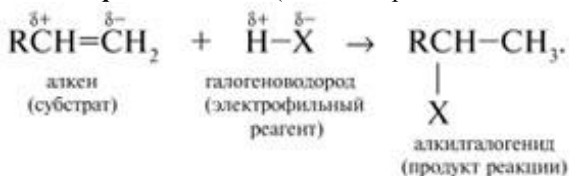
**Электрофильное замещение:**



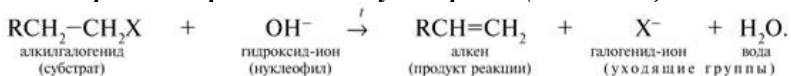
**Нуклеофильное присоединение** (сначала присоединяется  $\text{CN}^-$ , потом  $\text{H}^+$ ):



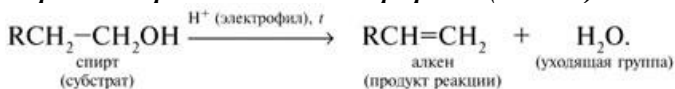
**Электрофильное присоединение** (сначала присоединяется  $\text{H}^+$ , потом  $\text{X}^-$ ):



**Элиминирование при действии нуклеофилов (оснований):**



**Элиминирование при действии электрофилов (кислот):**





## 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 $a \cdot 10^{-24}$ , см <sup>3</sup>
			$10^{30} \cdot$ Кл · 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) рекомендует 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)		
		$\text{CH}_3$	
$\text{CH}_3$		$\text{CH}_3$	
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	н-бутил		трет-пентил
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}-$	втор-бутил	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}-$	
$\text{CH}_3$		$\text{CH}_3$	
$\text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-$	изобутил (2-метил-пропил-1)	$\text{CH}_2=$	метилен
		$\text{CH}\equiv$	метин
$\text{CH}_3$		$\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2$	этилен
		$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	этилен
$\text{CH}_3-\text{C}-$	трет-бутил	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	триметилен
		$\text{CH}_2=\text{CH}-$	винил
$\text{CH}_3$		$\text{HC}\equiv\text{C}-$	этинил
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-$	н-пентил	$\text{CH}_2=\text{C}-$	изопропенил
$\text{CH}_3\text{CHCH}_2\text{CH}_2-$	изопентил	$\text{CH}_3$	
		$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}-$	1-бутенил
$\text{CH}_3$		$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_2-$	2-бутенил
$\text{C}_6\text{H}_5-$	фенил	$\text{CH}_2=\text{C}-\text{CH}_2-$	
$\text{CH}_3-\text{C}_6\text{H}_4-$	толил (п-изомер)		
$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-$	бензил	$\text{CH}_3$	метилаллил (металлил)
$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}=\text{CH}-$	стирил	$\text{CH}_3-\text{C}=\text{O}$	ацетил
$(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{CH}-$	бензгидрил (дифенил-метил)		
$(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{C}-$	третил	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{C}=\text{O}$	бензоил
$\text{CH}_2=\text{C}=\text{CH}_2$	винилиден		
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-$	аллил	$-\text{O}-\text{CH}_2-\text{O}-$	метилендиокси
$\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-$	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 (акриальдегид)	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CHO}$ ;
Кротональдегид	$\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CHO}$ ;
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	Глutarовая	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-Октадец-9-овая	Олеиновая	Олеоил	$\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{CH}_3$    $\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{CO}-$
цис-Бутен-2-дионая	Малеиновая	Малеолил	$-\text{OC}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CO}-$
транс-Бутен-2-дионая	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	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 —COOH	карбоксо-	-овая кислота (карбоновая кислота)
3	Нитрилы — $\text{C}\equiv\text{N}$	циано-	-нитрил (карбонитрил)
4	Альдегиды —CHO	формил-	аль- (карбальдегид)
5	Кетоны $>\text{C}=\text{O}$	оксо-	-он
6	Спирты — OH	гидрокси-	-ол
7	Тиолы — SH	меркапто-	-тиол
8	Амины	амино-	-амин
9	Двойная связь (=)	—	-ен
10	Тройная связь ( $\equiv$ )	—	-ин
11	Группы всегда выступающие в качестве заместителей	—Br, —I, —Cl, —F, —NO, —NO <sub>2</sub> , —O—R, —S—R, —N <sub>3</sub> , —S—S—R, —SO <sub>2</sub> R, —O—S—R, —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.:ООО «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. Смартыгин. – 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 : Высш. 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. учеб. заведений / 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**