



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



**Кафедра биологии растений и химии**

# **ХИМИЯ**

**Теоретический раздел  
Лекция  
Азотсодержащие органические соединения.  
Аминокислоты и белки**



## АЗОТСОДЕРЖАЩИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ. АМИНОКИСЛОТЫ И БЕЛКИ

### 1. Аминокислоты и их свойства

Аминокислоты – органические соединения, содержащие два типа функциональных групп с противоположными свойствами: аминогруппу ( $-\text{NH}_2$ ) и карбоксильную группу ( $-\text{COOH}$ ). Они играют исключительно важную роль в жизни животных и растительных организмов. Замечательным свойством живого является способность соединять аминокислоты друг с другом в различных комбинациях и последовательностях с образованием различных полиамидов: пептидов и белков, проявляющих совершенно разные свойства. Условно считают, что пептиды содержат до 100, а белки – свыше 100 аминокислотных остатков.

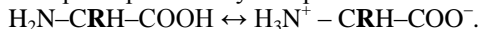
Молекулярная масса пептидов до 10 тыс., а у белков – от 10 тыс. до нескольких миллионов.

Аминокислоты рассматриваются как производные карбоновых кислот, в которых положение аминогруппы относительно карбоксильной принято указывать буквами  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  и т. д., что равносильно цифрам 2, 3, 4 и т. д. соответственно.

Хотя в природных объектах и обнаружено около 300 разных аминокислот, но в состав большинства пептидов и белков входят 20 наиболее часто встречающихся и поэтому важных аминокислот, причем все они  $\alpha$ -аминокислоты.  $\text{Va}$ -аминокислотах карбоксильная и аминогруппы связаны с одним и тем же углеродным атомом ( $\text{C}_\alpha$ ), у которого кроме того, имеется заместитель R.

Физические свойства. Аминокислоты – твердые кристаллические вещества с высокой температурой плавления, при нагревании разлагаются. Хорошо растворимы в воде, водные растворы электропроводны. Эти свойства объясняются тем, что молекулы аминокислот существуют в виде внутренних солей, которые образуются за счет переноса протона от карбоксила к аминогруппе.

Молекулы  $\alpha$ -аминокислот содержат две различные кислотные группы, т. е. являются амфолитами. Вследствие этого в их молекулах происходит перенос протона с карбоксильной группы на аминогруппу, т. е. прототропная таутомерия.



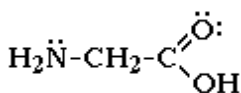
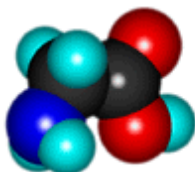
Биполярно-ионная структура молекул  $\alpha$ -аминокислот проявляется в их физических свойствах: аминокислоты – бесцветные кристалличе-



ские вещества с высокими температурами плавления, нелетучи, большинство их растворимы в воде и практически совсем нерастворимы в неполярных органических растворителях.

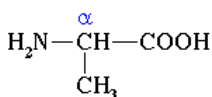
Кристаллическая решетка аминокислот – ионная, так как она стабилизирована электростатическими силами притяжения между противоположно заряженными ионизованными группами соседних молекул.

Простейший представитель – аминокислота  $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH}$  – глицин.

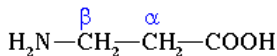


Аминокислоты классифицируют по двум структурным признакам.

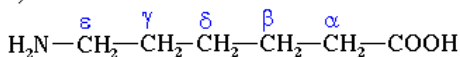
В зависимости от взаимного расположения амино- и карбоксильной групп аминокислоты подразделяют на  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -,  $\varepsilon$ - и т. д.



2-аминопропановая кислота  
( $\alpha$ -аминопропионовая,  
аланин)

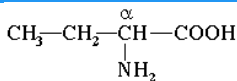


3-аминопропановая кислота  
( $\beta$ -аминопропионовая)

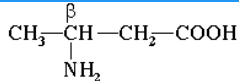


6-аминогексановая кислота  
( $\varepsilon$ -аминокапроновая)

Часто используется также другой способ построения названий аминокислот, согласно которому к тривиальному названию карбоновой кислоты добавляется приставка амино- с указанием положения аминогруппы буквой греческого алфавита. Пример:



$\alpha$ -аминомасляная  
кислота

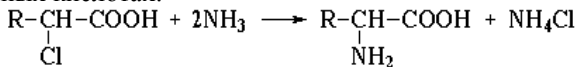


$\beta$ -аминомасляная  
кислота

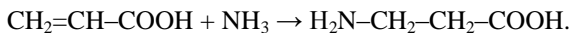
Для  $\alpha$ -аминокислот  $\text{R}-\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ , которые играют исключительно важную роль в процессах жизнедеятельности животных и растений, применяются тривиальные названия. Если в молекуле аминокислоты содержится две аминогруппы, то в ее названии используется приставка диамино-, три группы  $\text{NH}_2$  – триамино- и т. д.

Получение аминокислот:

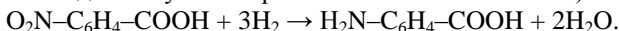
1. Замещение галогена на аминогруппу в соответствующих галогензамещенных кислотах:



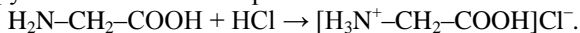
2. Присоединение аммиака к  $\alpha$ -,  $\beta$ -непредельным кислотам с образованием  $\beta$ -аминокислот:



3. Восстановление нитрозамещенных карбоновых кислот (применяется обычно для получения ароматических аминокислот):

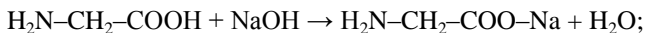


*Химические свойства.* Аминокислоты проявляют свойства оснований за счет аминогруппы и свойства кислот за счет карбоксильной группы, т. е. являются амфотерными соединениями. Подобно аминам, они реагируют с кислотами с образованием солей аммония:

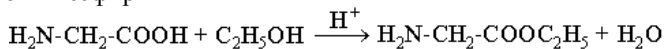


Как карбоновые кислоты они образуют:

а) соли

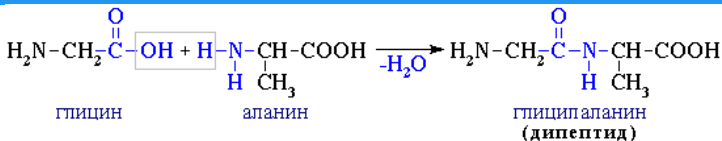


б) сложные эфиры



Кроме того, возможно взаимодействие amino- и карбоксильной групп как внутри одной молекулы (внутримолекулярная реакция), так и принадлежащих разным молекулам (межмолекулярная реакция).

Межмолекулярное взаимодействие  $\alpha$ -аминокислот приводит к образованию пептидов. При взаимодействии двух  $\alpha$ -аминокислот образуется дипептид.



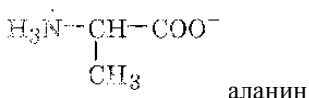
Во всех (кроме глицина) природных  $\alpha$ -аминокислотах  $\alpha$  – углеродный атом асимметрический, причем у большинства этих соединений (кроме изолейцина и треонина) имеется только один хиральный центр. Поэтому они существуют в виде двух оптических изомеров (L- и D-энантиомеров). Почти все природные  $\alpha$ -аминокислоты имеют L-форму, а D-аминокислоты, как правило, не усваиваются живыми организмами. Интересно, что большинство аминокислот L-ряда имеют сладкий вкус,  $\alpha$ -аминокислоты D-ряда – горькие или безвкусные.

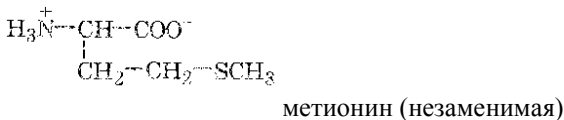
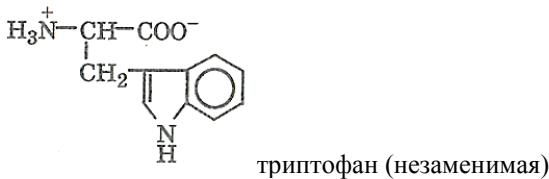
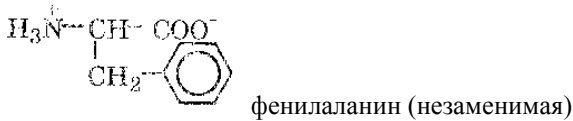
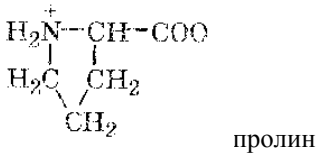
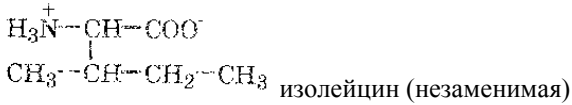
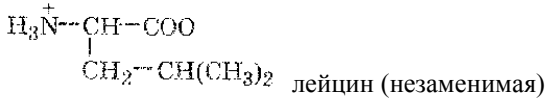
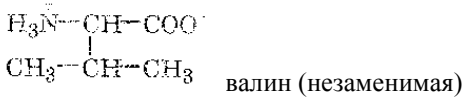
Основным источником  $\alpha$ -аминокислот для живых систем служат пищевые белки. Многие  $\alpha$ -аминокислоты синтезируются в организме животных, но некоторые не синтезируются и должны поступать с пищей.

Это *незаменимые аминокислоты*: валин, гистидин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, треонин, триптофан, фенилаланин. Остальные аминокислоты могут синтезироваться в организме животных, их называют *заменимыми*: аланин, аргинин, аспарагин, аспарагиновая кислота, глицин, глутамин, глутаминовая кислота, пролин, серин, цистеин, тирозин.

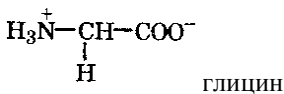
Интересный факт подметил Ю.А. Жданов (1968 г.): у большинства незаменимых кислот сумма степеней окисления углеродных атомов положительная, а у большинства заменимых – отрицательная. Это, по-видимому, указывает на то, что заменимые аминокислоты по сравнению с незаменимыми эволюционно более молоды, т. е. что они возникли уже в окислительной атмосфере и поэтому содержат больше атомов электроотрицательных элементов (O, N, S).

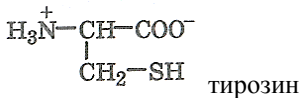
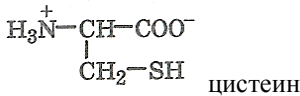
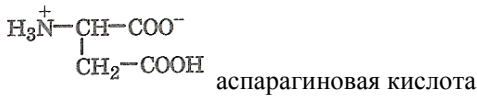
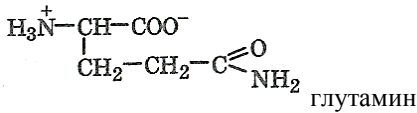
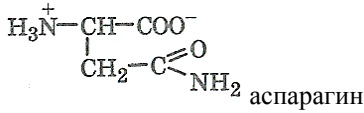
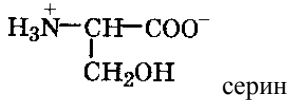
### **$\alpha$ -аминокислоты с неполярным (гидрофобным) заместителем:**



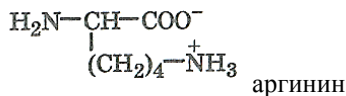
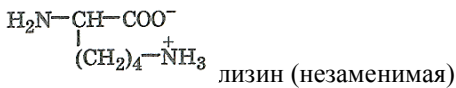


**$\alpha$ -аминокислоты с полярным (гидрофильным) заместителем:**





**$\alpha$ -аминокислоты – основные:**





### Изменение суммарного заряда аминокислот в зависимости от pH среды

Сильно кислая среда	Нейтральная среда	Сильно щелочная среда
<b>1. Аминокислоты с недиссоциирующими радикалами</b>		
$\text{NH}_3^+ - \underset{\text{R}}{\text{CH}} - \text{COOH}$	$\text{NH}_3^+ - \underset{\text{R}}{\text{CH}} - \text{COO}^-$	$\text{NH}_2 - \underset{\text{R}}{\text{CH}} - \text{COO}^-$
← +H <sup>+</sup>	← +OH <sup>-</sup> →	
Суммарный заряд = +1	Суммарный заряд = 0	Суммарный заряд = -1
<b>2. Аминокислоты с анионными группами в радикале</b>		
$\text{NH}_3^+ - \underset{\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\   \\ \text{COOH} \end{array}}{\text{CH}} - \text{COOH}$	$\text{NH}_3^+ - \underset{\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\   \\ \text{COO}^- \end{array}}{\text{CH}} - \text{COO}^-$	$\text{NH}_2 - \underset{\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\   \\ \text{COO}^- \end{array}}{\text{CH}} - \text{COO}^-$
← +H <sup>+</sup>	← +OH <sup>-</sup> →	
Суммарный заряд = +1	Суммарный заряд = -1	Суммарный заряд = -2
<b>3. Аминокислоты с катионными группами в радикале</b>		
$\text{NH}_3^+ - \underset{\begin{array}{c} (\text{CH}_2)_4 \\   \\ \text{NH}_3^+ \end{array}}{\text{CH}} - \text{COOH}$	$\text{NH}_3^+ - \underset{\begin{array}{c} (\text{CH}_2)_4 \\   \\ \text{NH}_3^+ \end{array}}{\text{CH}} - \text{COO}^-$	$\text{NH}_2 - \underset{\begin{array}{c} (\text{CH}_2)_4 \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}}{\text{CH}} - \text{COO}^-$
← +H <sup>+</sup>	← +OH <sup>-</sup> →	
Суммарный заряд = +2	Суммарный заряд = +1	Суммарный заряд = -1

При взаимодействии двух молекул α-аминокислот происходит реакция между аминогруппой одной молекулы и карбоксильной группы – другой. Это приводит к образованию дипептида.

Из трех молекул α-аминокислот (глицин + аланин + глицин) образуется трипептид:  $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2\text{CO}-\text{NH}-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CO}-\text{NH}-\text{CH}_2\text{COOH}$ .

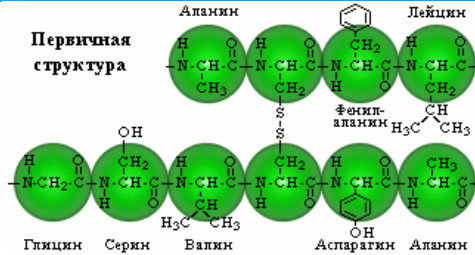


Аналогично происходит образование тетра-, пента- и полипептидов. Молекулярные массы различных белков (полипептидов) составляют от 10 тыс. до нескольких миллионов. Макромолекулы белков имеют стеререгулярное строение, исключительно важное для проявления ими определенных биологических свойств. Несмотря на многочисленность белков, в их состав входят остатки лишь 22 α-аминокислот.

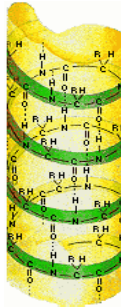




**Первичная  
структура**



Вторичная структура – конформация полипептидной цепи, закрепленная множеством водородных связей между группами N–Hи C=O.  
Одна из моделей вторичной структуры –  $\alpha$ -спираль.



Третичная структура – форма закрученной спирали в пространстве, образованная главным образом за счет дисульфидных мостиков –S–S–, водородных связей, гидрофобных и ионных взаимодействий.





Четвертичная структура – агрегаты нескольких белковых макромолекул (белковые комплексы), образованные за счет взаимодействия разных полипептидных цепей.



Белки, дающие при гидролизе исключительно аминокислоты, называются **простыми** (протеинами). В зависимости от их свойств и биологических функций белки подразделяются на множество подгрупп.

1. **Альбумины** растворимы в воде, свертываются при нагревании, нейтральны, сравнительно трудно осаждаются растворами солей. Примерами их могут служить альбумин белка куриного яйца, альбумин кровяной сыворотки, молочный альбумин.

2. **Глобулины** нерастворимы в воде, но растворяются в очень слабых растворах солей. Более концентрированными растворами солей они вновь осаждаются. Осаждение происходит при меньшей концентрации, чем та, которая необходима для осаждения альбуминов. Эти белки являются очень слабыми кислотами. Примерами глобулинов могут служить фибриноген, глобулин кровяной сыворотки, глобулин мышечной ткани, глобулин белка куриного яйца. Таким образом, в белке куриного яйца, в крови, в мышечной ткани находятся и глобулины, и альбумины. Из глобулинов состоят и многие растительные белки.

3. **Гистоны** – белки основного характера. Они содержатся в нуклеопротеидах лейкоцитов и красных кровяных шариках.

4. **Протамины** не содержат серы, обладают сравнительно сильными основными свойствами, дают кристаллические соки. Они содержатся (в составе нуклеопротеидов) в сперматозоидах рыб и считаются простейшими из белковых веществ.

5. **Проламины** содержатся в зернах различных хлебных злаков. Замечательной их особенностью является растворимость в 80%-ном



спирте. Представителем этих белков может служить глиадин, составляющий главную часть клейковины.

**6. Склеропротенины** – это нерастворимые белки, из которых состоят наружные покровы тел животных, они содержатся также в скелете и в соединительной ткани. К ним относятся кератин, коллагены, эластин, фиброин.

Кератин является главной составной частью волос, рогов, копыт, ногтей, перьев, верхнего слоя кожи. Скорлупа куриного яйца состоит из извести и кератина. Если растворить известь скорлупы яйца в кислоте, то остается мягкая пленка, состоящая из кератина. Кератин богат серой.

Коллагены содержатся в хрящах, т. е. из них состоит соединительная ткань. Кости позвоночных животных состоят из неорганических веществ (фосфата и карбоната кальция), жира и коллагенов.

Эластин входит в состав сухожилий и других эластичных соединительных тканей.

Нити сырого шелка состоят из белкового вещества – фиброина, покрытого серицином – белковым веществом, играющим роль шелкового клея. При кипячении с водой шелк освобождается от серицина, который при этом переходит в раствор.

**Сложные белки**, или протеиды, являются соединениями белков с небелковой частью. В зависимости от природы небелковой части различают несколько подгрупп протеидов.

**1. Фосфоропротеиды.** В их состав входит фосфорная кислота. Они в противоположность протаминам, обладающим основными свойствами, имеют кислотный характер.

Главным представителем фосфоропротеидов является казеин молока. Он обладает настолько явно выраженным кислотным характером, что разлагает углекислые соки с выделением двуокиси углерода. Казеин растворяется в слабых растворах щелочей, образуя с ними соли. Так, в молоке казеин содержится в виде кальциевой соли.

**2. Нуклеопротеиды** содержатся в клеточных ядрах. При осторожном гидролизе они расщепляются на белки и нуклеиновые кислоты.

**3. Хромопротеиды** – сочетание белков с окрашенными веществами. Из хромопротеидов наиболее изучен гемоглобин – красящее вещество красных кровяных шариков. Значение гемоглобина в жизни человека и животных очень велико. Он играет роль переносчика кислорода от легких к тканям. Кроме того, гемоглобин вместе с плазмой крови осуществляет регуляцию рН крови и перенос углекислоты в организме.



4. **Гликопротеиды** встречаются в слизистых выделениях животных организмов и обуславливают свойство этих выделений вытягиваться в нити даже при сравнительно большом разбавлении. Эти белки образуются в подчелюстной железе, печени, железах желудка и кишечника.

Исследованные представители гликопротеидов являются сочетанием белков с олиго- и полисахаридами.

5. **Липопротеиды** – соединения белков с веществами, родственными жирам (фосфатидами, сфингомиелинами, а также полиеновыми пигментами типа каротина). К белкам этого типа относится, например, зрительный пурпур сетчатки глаза. При гидролизе липопротеиды распадаются на белок и растворимые в эфире жиры, лецитин и другие фосфатиды.

### 3. Цветные реакции белков

**Биуретовая реакция белков.** Раствор белка со щелочным раствором сульфата меди дает красно-фиолетовое или сине-фиолетовое окрашивание. Биуретовая реакция обусловлена наличием в молекулах белка пептидных групп  $-\text{CO}-\text{NH}-$ . Ионы  $\text{Cu}^{2+}$  меди образуют комплекс с енолизированными пептидными группами белка, Окраска растворов белка при образовании медного комплекса в случае биуретовой реакции может быть от синей до красной с преобладанием фиолетовой.

**Нингидриновая реакция белков.** Раствор белка с 1%-ным раствором нингидрина в 95%-ном растворе ацетона медленно окрашивается сине-фиолетовым (или желтовато-фиолетовым) оттенком, свидетельствующим о присутствии аминокислот, содержащих  $\alpha$ -аминогруппы. Нингидриновая реакция является одной из наиболее чувствительных для обнаружения  $\alpha$ -аминогруппы. В результате взаимодействия  $\alpha$ -аминогруппы аминокислоты или белка с нингидрином возникает Шиффово основание. Затем оно претерпевает перегруппировку, декарбоксилируется и расщепляется на альдегид и аминокетогидридамин.

**Ксантопротеиновая реакция.** Смесь раствора белка и концентрированной азотной кислоты в пробирке нагревают до кипения и кипятят около 2 мин. При нагревании раствор и осадок окрашиваются в ярко-желтый цвет, при этом осадок может полностью раствориться в результате гидролиза. Смесь охлаждают и осторожно (по стенке пробирки) приливают избыток концентрированного раствора аммиака или



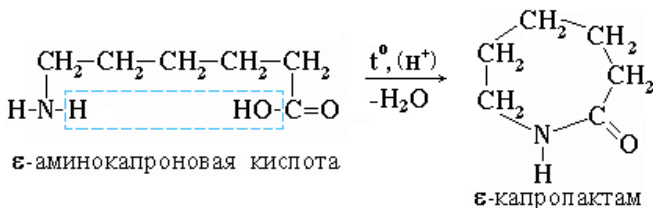
щелочи до щелочной реакции. Выпадающий вначале осадок кислотного альбумината растворяется, и жидкость окрашивается в ярко-оранжевый цвет. Ксантопротеиновая реакция происходит только при наличии в белках остатков ароматических аминокислот (фенилаланина, тирозина и триптофана). Желтоокрашенные нитросоединения образуются в результате нитрования ароматических радикалов этих аминокислот азотной кислотой. Изменение желтой окраски в оранжевую в щелочной среде обусловлено появлением хромофорной группы.

**Реакцию Паули** дают белки, содержащие в белковой молекуле остатки гистидина и тирозина. Раствор белка с 1%-ным раствором сульфаниловой кислоты в 5%-ном растворе соляной кислоты при добавлении 0,5%-ного раствора  $\text{NaNO}_2$  и 10%-ного раствора  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  дает вишнево-красное окрашивание.

**Нитропруссидная реакция белков.** Раствор белка с насыщенным раствором сульфата аммония и 5%-ным раствором нитропруссид натрия в щелочной среде образует красно-пурпурное окрашивание. Это доказывает, что в состав белка входит аминокислота цистеин. Нитропруссид натрия с серосодержащими органическими соединениями в щелочной среде образуют комплексное соединение.

**Реакция на серу в белках.** К раствору белка приливают 30%-ный раствор едкого натра и несколько капель уксуснокислого свинца. При наличии в молекулах белка аминокислот, содержащих серу (цистеин, цистин, метионин), отщепляется сера в виде ионов  $\text{S}^{2-}$ , которые образуют с солями свинца черный осадок.

Практическое значение имеет внутримолекулярное взаимодействие функциональных групп  $\epsilon$ -аминокапроновой кислоты, в результате которого образуется  $\epsilon$ -капролактam (полупродукт для получения капрона):





Учреждение образования  
«Белорусская государственная  
орденов 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 $a \cdot 10^{-24}$ , см <sup>3</sup>
			$10^{30}$ 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) 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		
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	n-пропил	$\text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_2-$	неопентил
$\text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_3$ 	изопропил (пропил-2)		
$\text{CH}_3$		$\text{CH}_3$	
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	n-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)	$\text{CH}_3$	
$\text{CH}_3$		$\text{CH}_2=$	метилен
$\text{CH}_3$		$\text{CH}\equiv$	метин
$\text{CH}_3-\text{C}-$	трет-бутил	$\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2$	этилен
$\text{CH}_3$		$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	этилен
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-$	n-пентил	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	триметилен
$\text{CH}_3\text{CHCH}_2\text{CH}_2-$ 	изопентил	$\text{CH}_2=\text{CH}-$	винил
$\text{CH}_3$		$\text{HC}\equiv\text{C}-$	этинил
$\text{C}_6\text{H}_5-$	фенил	$\text{CH}_2=\text{C}-$	изопропенил
$\text{CH}_3-\text{C}_6\text{H}_4-$	толил (n-изомер)		
$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-$	бензил	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_2-$	1-бутенил
$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}=\text{CH}-$	стирил	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_2-$	2-бутенил
$(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{CH}-$	бензгидрил (дифенил-метил)	$\text{CH}_2=\text{C}-\text{CH}_2-$	метилаллил (металлил)
$(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{C}-$	тритил		
$\text{CH}_2=\text{C}=\text{CH}_2$	винилиден	$\text{CH}_3$	
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-$	аллил	$\text{CH}_3-\text{C}=\text{O}$	ацетил
$\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-$	пропенил		
$\text{CH}_3-\text{CO}-\text{CH}_2-$	ацетонил	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{C}=\text{O}$	бензоил
$\text{CH}_3-\text{O}-$	метокси		
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{O}-$	этокси	$-\text{O}-\text{CH}_2-\text{O}-$	метилендиокси



Простейшие спирты можно называть по соответствующему радикалу: метильный 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)	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CHO}$ ;
Кроноальдегид	$\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CHO}$ ;
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  $\text{CH}_3-\text{CO}-\text{CH}_2-$ , феноцил  $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CO}-\text{CH}_2-$ .

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

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 ( $\equiv$ )	—	-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.: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. Смарыгин. – 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. Лабораторный практикум: учеб. пособие/А. Р. Цыганов, О. В. Поддубная, И. В. Ковалева, Т. В. Булак.–Минск: ИВЦ Минфина, 2015. – 320 с.
10. Угай Я. А. Общая и неорганическая химия: Учебник для вузов/ Я. А. Угай. 4-е изд. – М.: Высш. шк., 2004. – 440 с.
11. 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
12. Хмельницкий, Р. А. Физическая и коллоидная химия: Учебник для вузов/ Р. А. Хмельницкий. – М.: Высш. шк., 1988.
13. Цитович, Н. К. Курс аналитической химии: Учебник для вузов/ Н. К. Цитович. – М.: Высш. шк., 1987. – 403 с.
14. Цыганов, А. Р. Сборник задач и упражнений по химии: Учеб. пособие / А. Р. Цыганов, О. В. Поддубная. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 236 с.
15. 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.



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



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.

Составители

**Поддубная** Ольга Владимировна  
**Ковалева** Ирина Владимировна  
**Мохова** Елена Владимировна  
**Шагитова** Марина Николаевна