

# **БИООРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

## **В ФОРМУЛАХ И СХЕМАХ**

### **Учебно-методическое пособие для самостоятельной внеаудиторной работы студентов**

Предназначено для самостоятельной внеаудиторной работы студентов 1 курса, изучающих медико-биологические дисциплины, может быть полезным не только при изучении биоорганической, но и биологической химии, фармакологии.

### **ПРЕДИСЛОВИЕ**

В настоящее время прогрессивно развиваются фундаментальные медико-биологические дисциплины, формирующие базовые знания врача любого профиля. Протекающие в организме человека физиологические процессы рассматриваются на молекулярном уровне, что требует глубоких познаний биохимических процессов, происходящих в клетках. Системные знания о закономерностях в химических превращениях основных классов природных органических соединений формирует биоорганическая химия. Изучение строения и реакционной способности органических веществ проводится в тесной взаимосвязи с их биологическими функциями.

Целью учебно-методического пособия является помощь студентам медико-биологического профиля в усвоении учебной программы по биоорганической химии, формирование у них знаний взаимосвязи строения и химических свойств биологически важных классов органических соединений, биополимеров и их структурных компонентов. В пособии представлен обширный формульный материал, а также схемы важнейших превращений основных классов органических соединений. Это послужит базой для более глубокого понимания студентами биохимических процессов, протекающих в организме, а также физиологического действия лекарственных веществ на молекулярном уровне.

**СОДЕРЖАНИЕ**

	<b>СТР</b>
Предисловие.....	2
<b>I. Основы строения и реакционной способности органических соединений.....</b>	<b>5</b>
1. Классификация.....	5
2. Номенклатура.....	6
3. Химическая связь.....	11
4. Сопряжение. Сопряженные системы.....	14
5. Взаимное влияние атомов в органических молекулах.....	18
6. Изомерия.....	18
7. Общие закономерности реакционной способности важнейших классов органических соединений.....	22
<b>II. Реакционная способность основных классов органических соединений.....</b>	<b>25</b>
1. Углеводороды.....	25
2. Замещённые углеводороды.....	34
3. Альдегиды и кетоны.....	42
4. Карбоновые кислоты.....	48
5. Гетерофункциональные соединения.....	54
6. Гетероциклические соединения.....	62
7. Углеводы.....	67
8. Аминокислоты.....	83

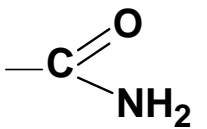
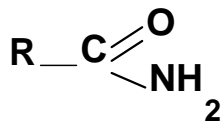
<b>9. Пептиды.....</b>	<b>94</b>
<b>10. Белки.....</b>	<b>95</b>
<b>11. Нуклеиновые кислоты.....</b>	<b>99</b>
<b>12. Липиды.....</b>	<b>110</b>
<b>13. Тестовые задания.....</b>	<b>121</b>
<b>14. Ответы на тестовые задания .....</b>	<b>159</b>
<b>    Литература.....</b>	<b>161</b>

# I. ОСНОВЫ СТРОЕНИЯ И РЕАКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

## 1. КЛАССИФИКАЦИЯ

Таблица 1. Основные классы органических соединений

Функциональная группа		Название класса	Общая формула класса
$-F, -Cl, -Br, -I (-Hal)$	галогены	галогенпроизводные	$R-Hal$
$-OH$	гидроксильная	спирты, фенолы	$R-OH, Ar-OH$
$-OR$	алкоксильная	простые эфиры	$R-OR$
$-SH$	тиольная	тиолы (тиоспирты, меркаптаны)	$R-SH$
$-SR$	алкилтиольная	тиоэфиры (сульфиды)	$R-SR$
$-SO_3H$	сульфоновая	сульфоновые кислоты	$R-SO_3H$
$-NH_2$	амино	амины: первичные вторичные третичные	$R-NH_2$
$-NHR$			$R_2NH$
$-NR_2$			$R_3N$
$-NO_2$	нитро	нитросоединения	$R-NO_2$
$-C\equiv N$	циано	нитрилы	$R-C\equiv N$
$\begin{array}{l} \diagup \\ \diagdown \end{array} C=O$	карбонильная	альдегиды	$R-\overset{O}{\parallel}C-H$
		кетоны	$R-\overset{O}{\parallel}C-R$
$\begin{array}{l} \diagup \\ \diagdown \end{array} C=O$ OH	карбоксильная	карбоновые кислоты	$R-\overset{O}{\parallel}C-OH$
$\begin{array}{l} \diagup \\ \diagdown \end{array} C=O$ OR	алкоксикарбонильная	сложные эфиры	$R-\overset{O}{\parallel}C-OR$

	карбоксамидная	амиды	
---	----------------	-------	---

## 2. НОМЕНКЛАТУРА

Таблица 2. Порядок старшинства характеристических групп, обозначаемых префиксами и суффиксами

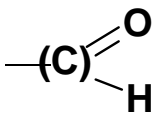
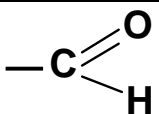
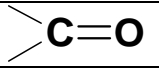
	Функциональная группа	Префикс	Суффикс
↓ убывание старшинства	$-(C)OON$	—	-овая кислота
	$-COOH$	карбокси-	-карбоновая кислота
	$-SO_3H$	сульфо-	-сульфоновая кислота
	$-(C)\equiv N$	циано-	-нитрил
		оксо-	-аль
		формил-	-карбальдегид
		оксо-	-он
	$-OH$	гидрокси-	-ол
	$-SH$	меркапто-	-тиол
	$-NH_2$	амино-	-амин
	$=NH$	имино-	-имин

Таблица 3. Некоторые характеристические группы,

### обозначаемые только префиксами

Класс соединений	Группа	Префикс
галогенпроизводные R-Hal	<b>-Br, -I, -F, -Cl</b>	бromo-, иодо-, фторо- хлоро-
простые эфиры R-O-R	<b>-OR</b>	алкокси-
гидропероксиды R-O-O-H	<b>-O-OH</b>	гидроперокси-
алкилпероксиды R-O-O-R	<b>-O-OR</b>	алкилперокси-
сульфиды R-S-R	<b>-SR</b>	алкилтио-
нитропроизводные R-NO <sub>2</sub>	<b>-NO<sub>2</sub></b>	нитро-
нитратопроизводные R-ONO <sub>2</sub>	<b>-O-N</b> 	нитрато-

**Схема 1. Общее построение названий соединений по заместительной номенклатуре**

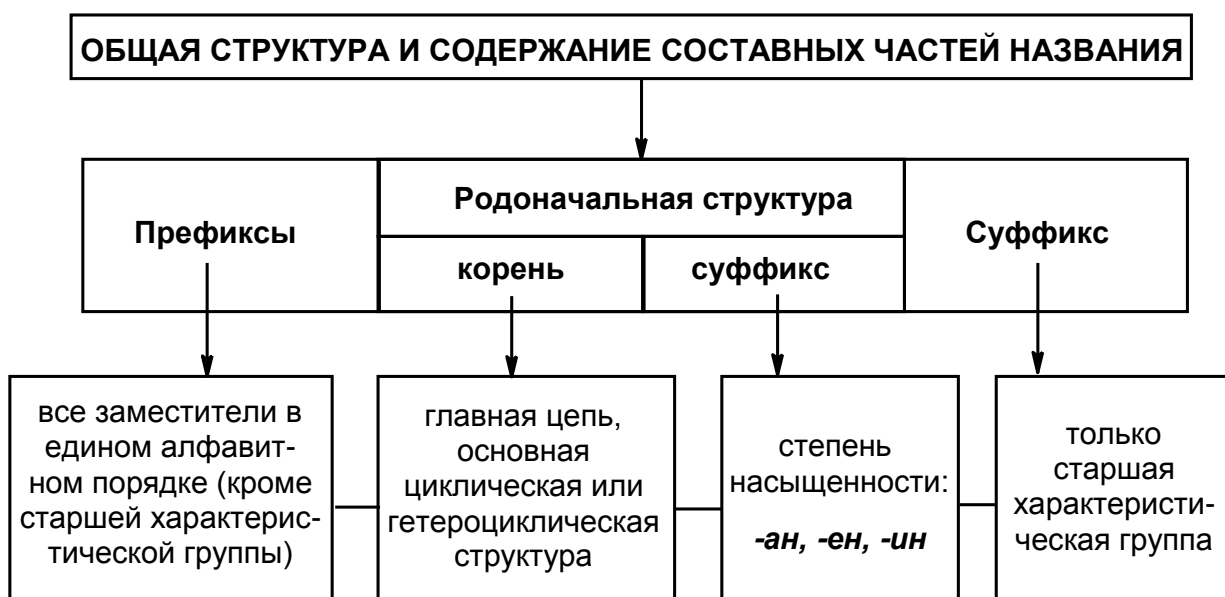





Таблица 4. Названия классов соединений, используемые в радикально-заместительной номенклатуре

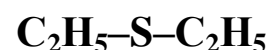
Функциональная группа		Название класса
убывание старшинства 	<b>-CN</b>	цианид
	<b>&gt;C=O</b>	кетон
	<b>-OH</b>	спирт
	<b>-SH</b>	гидросульфид
	<b>-O-OH</b>	гидропероксид
	<b>-O-</b>	эфир или оксид
	<b>-S-, &gt;SO</b>	сульфид, сульфоксид
	<b>-F, -Cl, -Br, -I</b>	фторид, хлорид, бромид, иодид



этиловый спирт



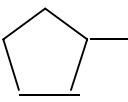
метилфенилкетон



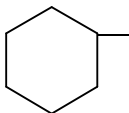
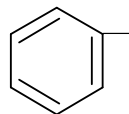
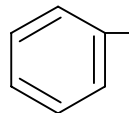
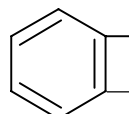
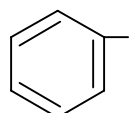
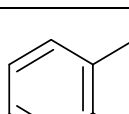
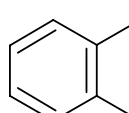
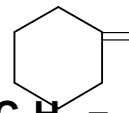
диэтилсульфид

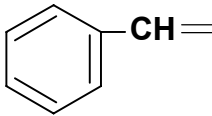
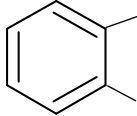
**Органический радикал** – остаток органической молекулы, из которой удален один атом водорода (остается свободной одна валентность) или несколько (остается несколько свободных валентностей).

Таблица 5. Важнейшие углеводородные радикалы

а) одновалентные			
Формула	Название	Формула	Название
<b>CH<sub>3</sub>-</b>	метил	<b>CH<sub>2</sub>=CH-</b>	винил
<b>CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>-</b>	этил	<b>CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>=CH-</b>	пропен-1-ил
<b>CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>-</b>	пропил	<b>CH<sub>2</sub>=CH-CH<sub>2</sub>-</b>	аллил
<b>(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>-</b>	изопропил	 <b>C<sub>5</sub>H<sub>9</sub>-</b>	циклопентил



$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-$	бутил	 $\text{C}_6\text{H}_{11}-$	циклогексил
$(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{CH}_2-$	изобутил	 $\text{C}_6\text{H}_5-$	фенил
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-$	втор-бутил	 $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2-$	бензил
$\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}}-$	трет-бутил	 $\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4-$	о-толил
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_2-$	пентил	 $\text{C}_6\text{H}_4\text{CH}_2\text{CH}_2-$	фенэтил
$(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-$	изопентил	 $\text{C}_{10}\text{H}_{17}-$	α-нафтил
$\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}}-\text{CH}_2-$	неопентил	 $\text{C}_{10}\text{H}_{17}-$	β-нафтил
<b>б) двухвалентные</b>			
<b>Формула</b>	<b>Название</b>		
$-\text{CH}_2-$	метилен	$-\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}-\text{CH}_2-$	пропилен
$-\text{CH}_2\text{CH}_2-$	этилен	$(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{C}$	изопропилиден
$\text{CH}_3\text{CH}=\text{C}$	этилиден	 $\text{C}_6\text{H}_{10}=\text{C}$	цикло-гексилиден

$\text{CH}_2=\text{C}=\text{}$	винилиден	 $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{}$	бензилиден
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{}$	пропилиден	 $-\text{C}_6\text{H}_4-$	o-фенилен

### 3. ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ

**Химическая связь** – совокупность взаимодействий между электронами и ядрами, приводящих к соединению атомов в молекулы.

Согласно современным представлениям, при сближении атомов между их внешними электронами с противоположными спинами происходит сильное взаимодействие, приводящее к появлению общей электронной пары. Электронная плотность в межъядерном пространстве при этом возрастает, что способствует притяжению ядер взаимодействующих атомов. В результате энергия системы уменьшается, и между атомами образуется химическая связь. В зависимости от того, каким образом взаимодействует общая электронная пара с ядрами соединяемых атомов, различают два вида химической связи: ковалентную и ионную. Для органических соединений основной является ковалентная связь. Слово «ковалентная» означает «объединенная».

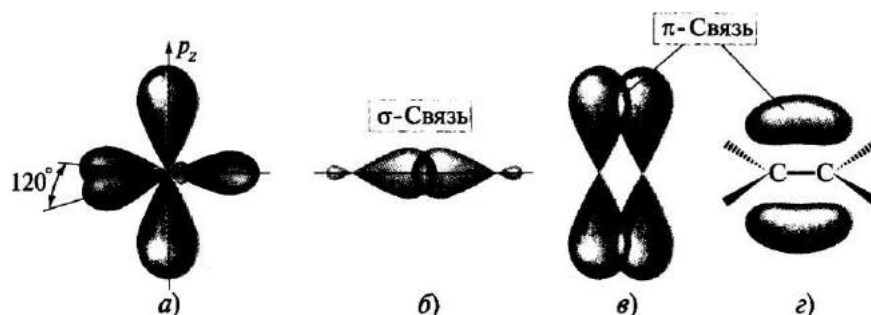
Для органических соединений характерны  $\sigma$ - и  $\pi$ -связи.

**Ковалентная связь** – химическая связь, образованная за счет обобществления электронов связываемых атомов. При образовании ковалентной связи возникает единая молекулярная орбиталь (МО), которая охватывает оба ядра соединяемых атомов. В зависимости от характера перекрывания атомных орбиталей различают  $\sigma$ - и  $\pi$ -МО.

**$\sigma$ -Связь** ( $\sigma$ -МО) – это одинарная ковалентная связь, образованная при перекрывании АО по прямой (оси), соединяющей ядра

двух связываемых атомов с максимальным перекрытием на этой прямой.

**$\pi$ -Связь** – это связь, образованная при боковом перекрытии негибризованных рАО с максимальным перекрытием над и под плоскостью  $\sigma$ -связей (рис. 1).



**Рис. 1. Образование  $\sigma$ (б)- и  $\pi$ (в, г)-связей между атомами углерода в состоянии  $sp^2$ -гибридизации (а)**

Образование  $\pi$ -связей между двумя атомами происходит только в том случае, если эти атомы уже соединены  $\sigma$ -связью, например, в молекуле этилена.

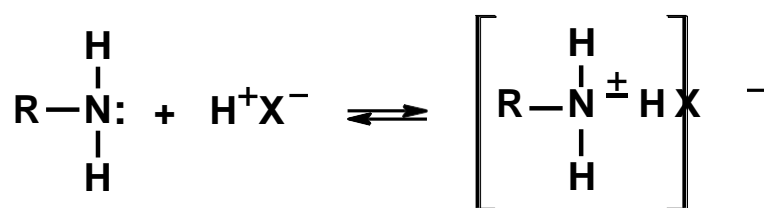
**Таблица 6. Характеристики ковалентных связей**

Связь	Длина, нм	Энергия, кДж/моль
C – C	0,154	348
C = C	0,134	620
C $\equiv$ C	0,120	814
C – H	0,110	414
C – O	0,143	344
C = O	0,121	708
C – N	0,147	293
C = N	0,128	598

**Полярность связи** – характеристика химической связи, показывающая перераспределение электронной плотности в пространстве вблизи ядер по сравнению с исходным распределением этой плотности в нейтральных атомах, образующих данную связь.

Если атомы, образующие ковалентную связь, равноценны, то пара электронов связи в равной степени принадлежит обоим атомам (например, углерод-углерод связи в этане, этилене, ацетилене). Связь, образованная одинаковыми атомами, называется **ковалентной неполярной**. Большинство же ковалентных связей образовано неравноценными атомами, поэтому электронная плотность может быть смещена в сторону одного из них. Полярность связи определяется электроотрицательностью атомов, образующих связь, т. е. способностью атомов в молекуле притягивать к себе электроны. Чем больше электроотрицательность атома, тем сильнее он притягивает электроны. Такая связь называется **ковалентной полярной** связью.

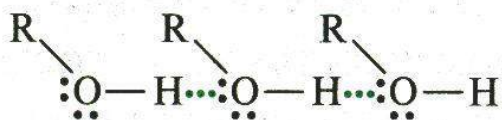
**Донорно-акцепторная связь** – это ковалентная связь, образованная за счёт пары электронов одного из атомов.



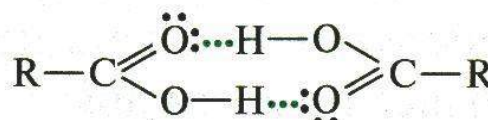
соль алкиламмония

**Водородная связь** имеет электростатический и донорно-акцепторный характер.

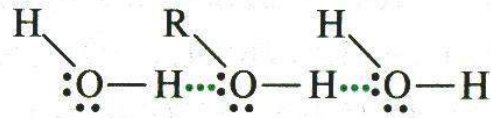
#### Межмолекулярные водородные связи



ассоциация молекул спирта

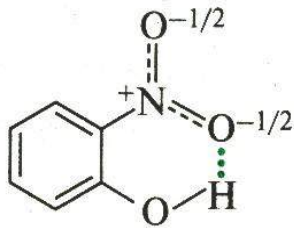


димеры карбоновых кислот

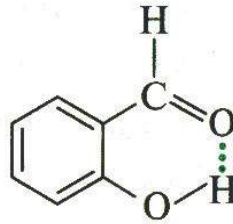


гидратация молекул спирта

### Внутримолекулярные водородные связи



*o*-нитрофенол

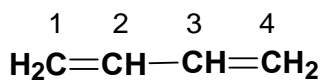


*o*-гидроксibenзальдегид  
(салициловый альдегид)

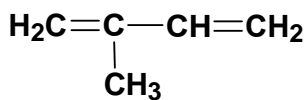
## 4. СОПРЯЖЕНИЕ. СОПРЯЖЕННЫЕ СИСТЕМЫ

### 4.1. Сопряженные системы с открытой цепью

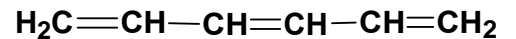
а)  $\pi, \pi$ -сопряженные системы



бутадиен-1,3  
(дивинил)



2-метилбутадиен-1,3  
(изопрен)



гексатриен-1,3,5

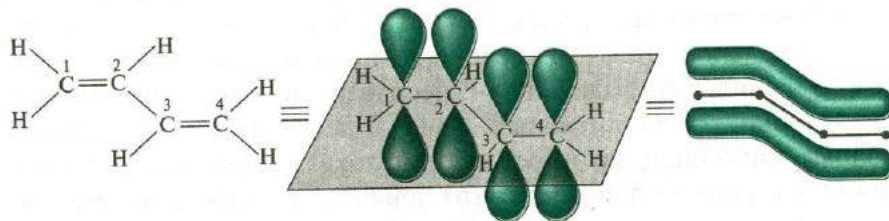
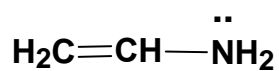
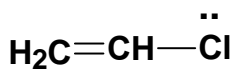
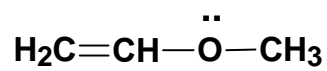


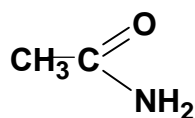
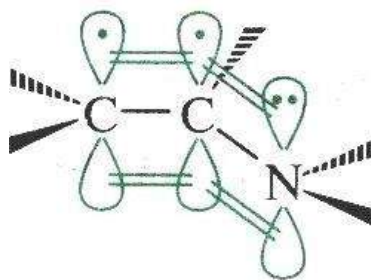
Рис. 4. Электронное строение бутадиена-1,3

б)  $p, \pi$ -сопряженные системы

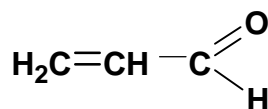
этенамин

хлорэтен  
(винилхлорид)метоксиэтен  
(винилметилловый эфир)

## Электронное строение этенамина



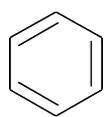
ацетамид



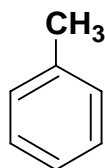
этеналь

## 4.2. Ароматические сопряженные системы

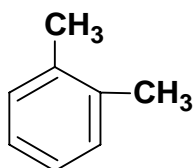
## а) бензоидного ряда



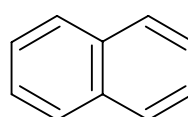
бензол



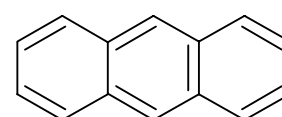
толуол



о-ксилол



нафталин



антрацен

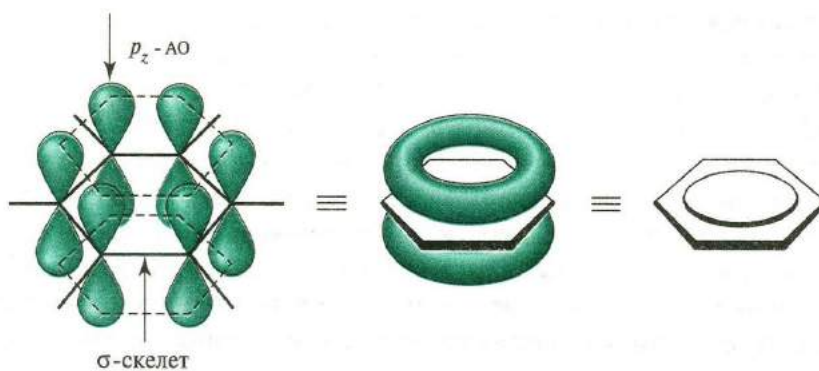


Рис. 5. Электронное строение бензола

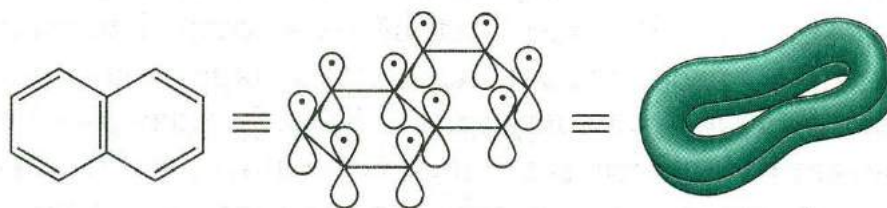
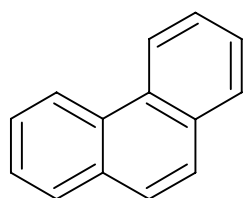
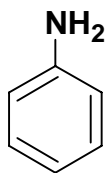
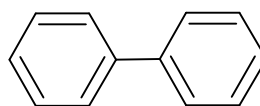


Рис. 6. Электронное строение нафталина

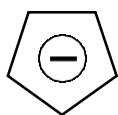
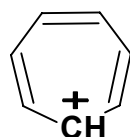
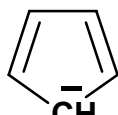
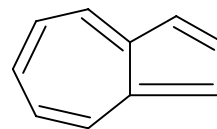


фенантрен

аминобензол  
(анилин)

дифенил

б) небензоидного ряда

циклопентадиенил-  
анионтропилий-  
катион

азулен

## в) гетероциклические

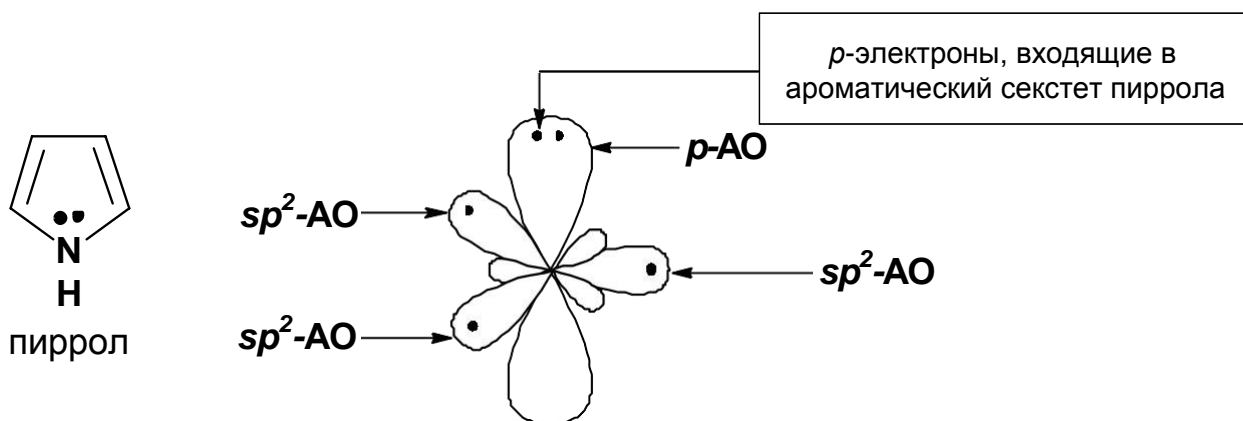
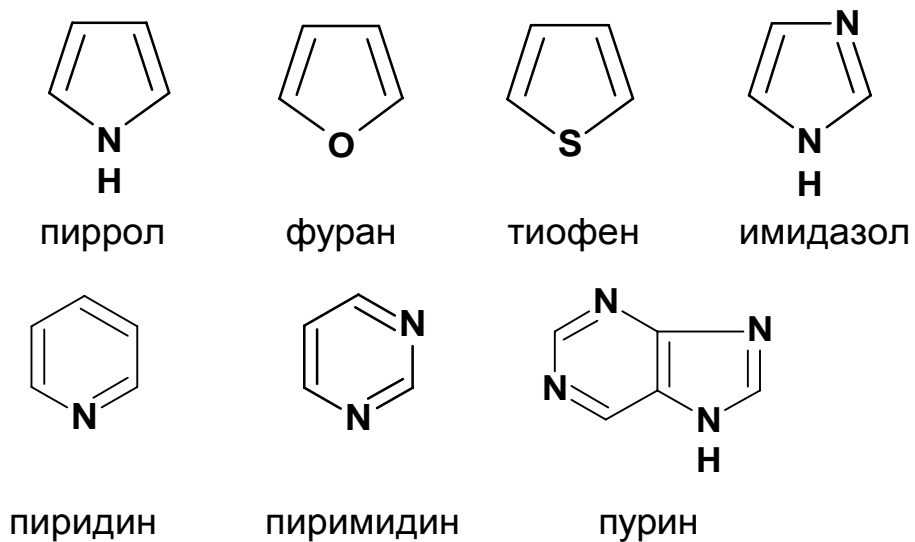


Рис. 7. Электронное строение пиррольного атома азота

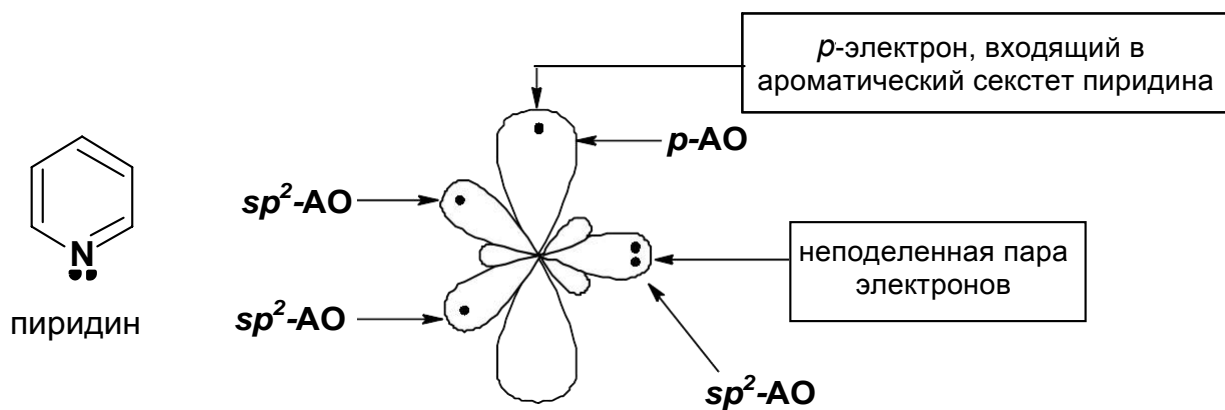


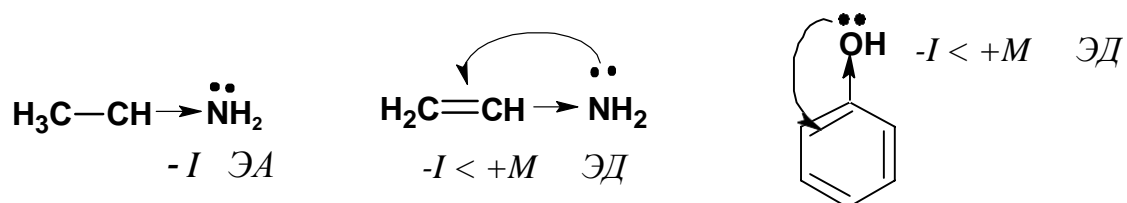
Рис. 8. Электронное строение пиридинового атома азота



## 5. ВЗАИМНОЕ ВЛИЯНИЕ АТОМОВ В ОРГАНИЧЕСКИХ МОЛЕКУЛАХ

Таблица 7. Электронные эффекты некоторых заместителей

Заместитель	Электронные эффекты		Характер совместного действия
	+I	-	
Алкильные группы (R)	+I	-	Электронодонорный (+M > -I)
-O <sup>-</sup>	+I	+M	
-NH <sub>2</sub> , -NHR, -NR <sub>2</sub>	-I	+M	
-OH	-I	+M	
Алкоксигруппы (-OR)	-I	+M	
Галогены (F, Cl, Br, I)	-I	+M < -I	Электроноакцепторный
-NO <sub>2</sub>	-I	-M	
-SO <sub>3</sub> H	-I	-M	
-COOH, -COOR	-I	-M	
>C=	-I	-M	



## 6. ИЗОМЕРИЯ

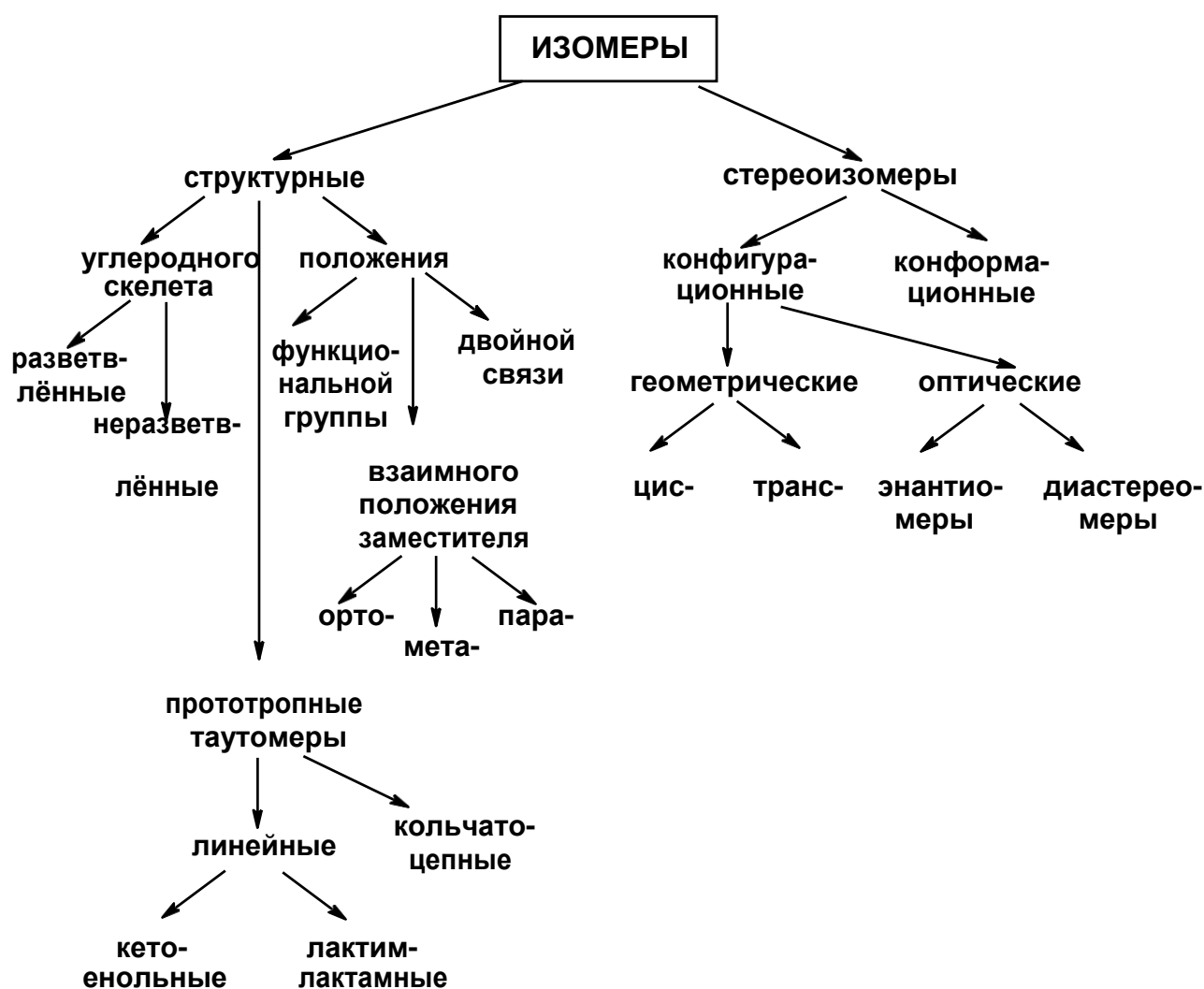
**Изомеры** – соединения с одинаковым количественным и качественным составом, но различные по строению (т.е. по последовательности связывания атомов или расположению их в пространстве). Возможны следующие виды изомерии – структурная и пространственная (стереоизомерия).

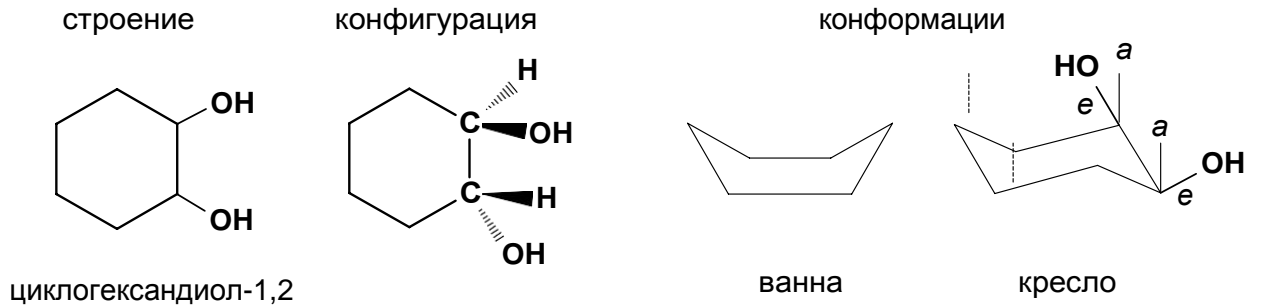
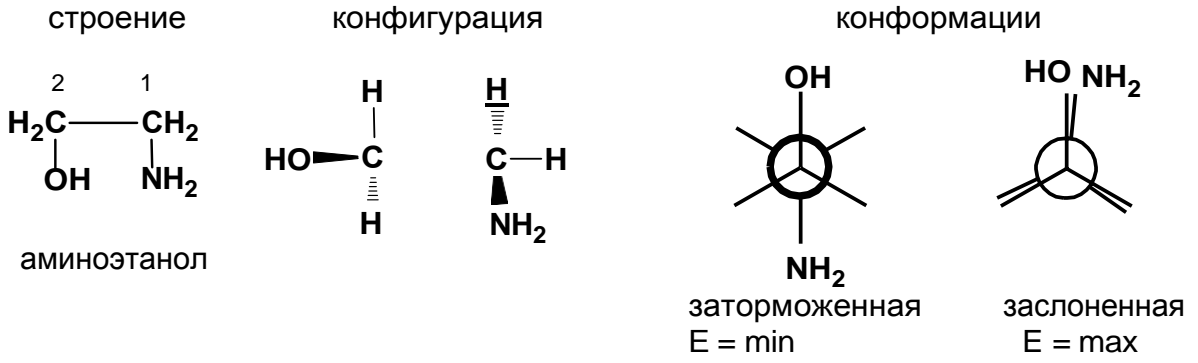
**Стереоизомеры** – изомеры, имеющие одинаковую последовательность соединения атомов, но отличающиеся расположением

этих атомов в пространстве. Стереизомеры могут быть **конфигурационными** и **конформационными**.

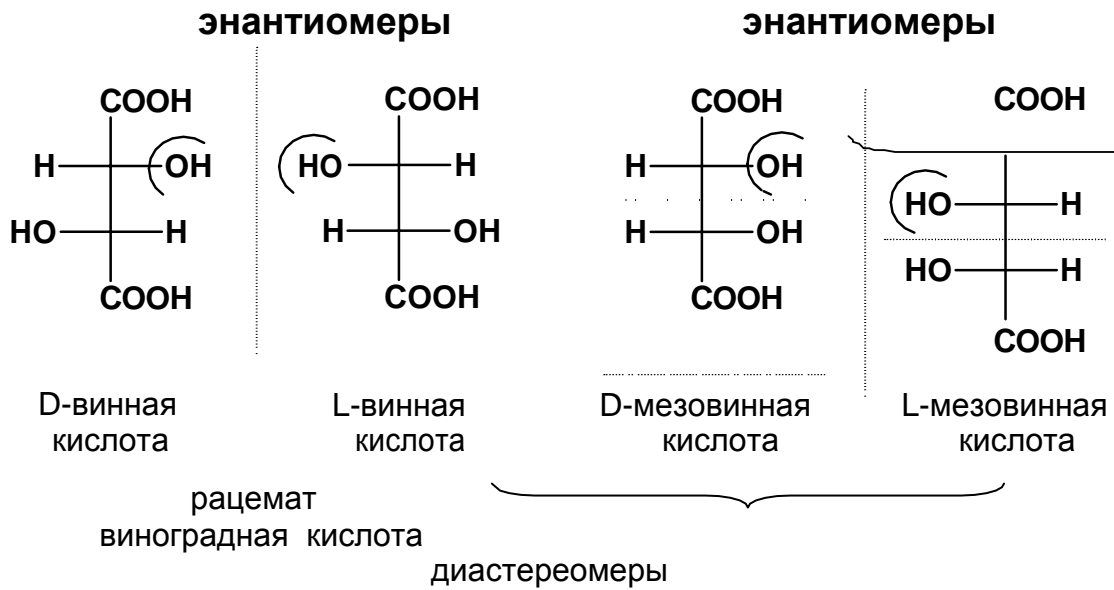
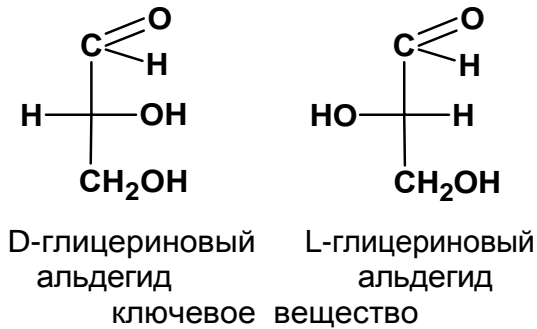
**Таутомеры** – структурные изомеры, находящиеся в динамическом равновесии и существующие за счёт миграции атомной группы между двумя или несколькими центрами в молекуле.

**Схема 2. Классификация изомеров**

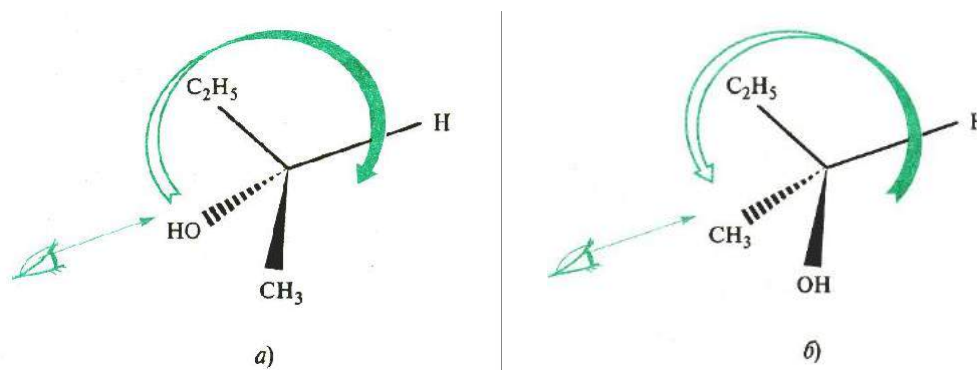




### Относительная D,L-номенклатура

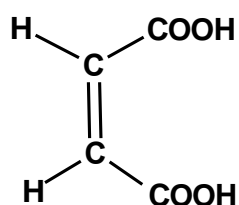


## Абсолютная *R,S*-номенклатура

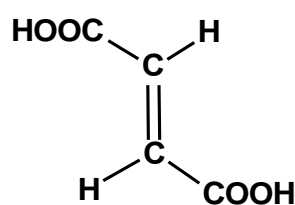


**Рис. 9. Обозначение конфигурации асимметрического атома углерода в молекулах бутанола-2 по *R,S*-системе:  
*a* – (*R*)-бутанол-2, *б* – (*S*)-бутанол-2**

При геометрической изомерии стереоизомеры отличаются друг от друга расположением заместителей по отношению к плоскости двойной связи или цикла. Изомер, у которого одинаковые заместители расположены по одну сторону от плоскости связи или цикла, называются **цис-изомером**, а если по разные стороны – **транс-изомером**.



цис-изомер  
малеиновая кислота



транс-изомер  
фумаровая кислота

Для обозначения конфигурации двойных связей цис- и транс-изомеров используется принцип старшинства заместителей. В парах заместителей, соединенных с каждым из атомов двойной связи определяют старшинство заместителей. Если старшие заместители каждой пары находятся по одну сторону двойной связи, то конфигурацию обозначают префиксом (*Z*) (от нем. *zusammen* – вместе), а если по разные – (*E*) (от нем. *entgegen* – напротив). По этой системе обозначения фумаровая кислота является *E*-изомером, а малеиновая – *Z*. Иногда использование префиксов цис- и транс- невозможно, в этом случае пользуются только *E,Z*-системой.

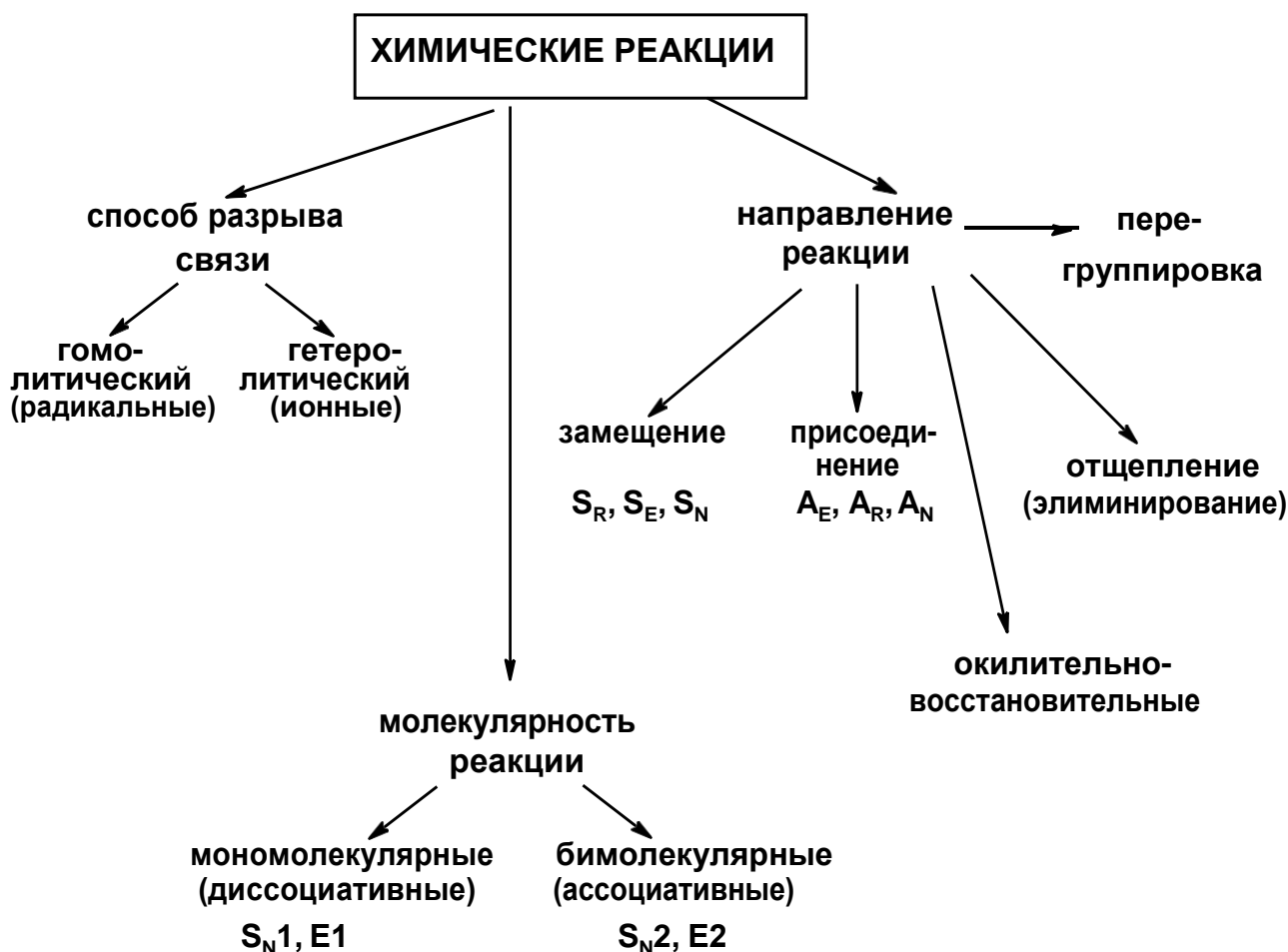
## 7. ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РЕАКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ВАЖНЕЙШИХ КЛАССОВ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

### Классификация реакций органических соединений

Для классификации органических реакций используют следующие принципы:

- **характер изменения связей** в реагирующих веществах (способ разрыва связи);
- **направление реакции;**
- **число молекул**, принимающих участие в стадии, определяющей скорость реакции.

Схема 3. Классификация химических реакций

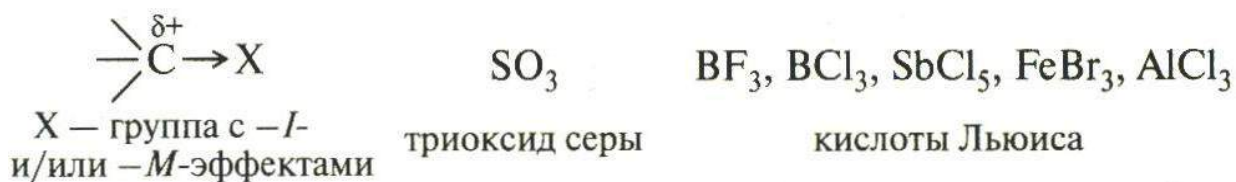


## Электрофильные реагенты

### *Положительно заряженные ионы*

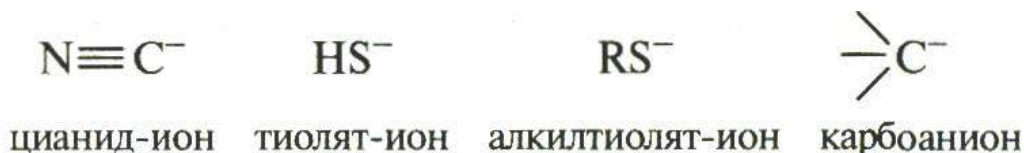


### *Нейтральные молекулы, имеющие электронодефицитный центр*



## Нуклеофильные реагенты

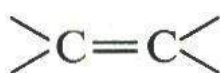
### *Отрицательно заряженные ионы*



### *Нейтральные молекулы, имеющие неподеленную пару электронов*



### *Доноры $\pi$ -электронов*



$\pi$ -связь



ароматическое кольцо

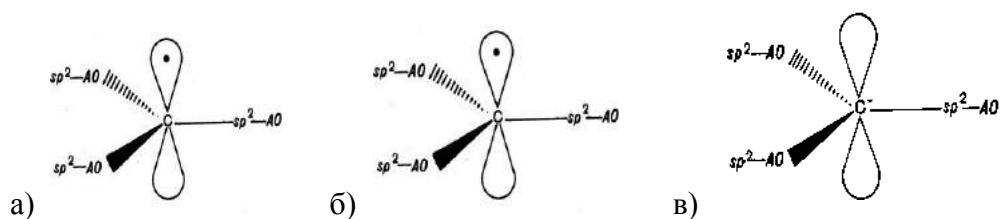


Рис. 10. Электронное и пространственное строение свободного радикала (а), карбоаниона (б) и карбокатиона (в).

Минимальное количество энергии, необходимое для осуществления реакции, называется **энергией активации ( $E_a$ )**. Чем меньше энергия активации, тем выше скорость реакции и, наоборот, чем выше энергетический барьер, тем медленнее протекает реакция. Использование катализаторов существенно понижает энергию активации, направляя реакцию по другому пути через образование новых, более стабильных промежуточных соединений (рис. 11) .

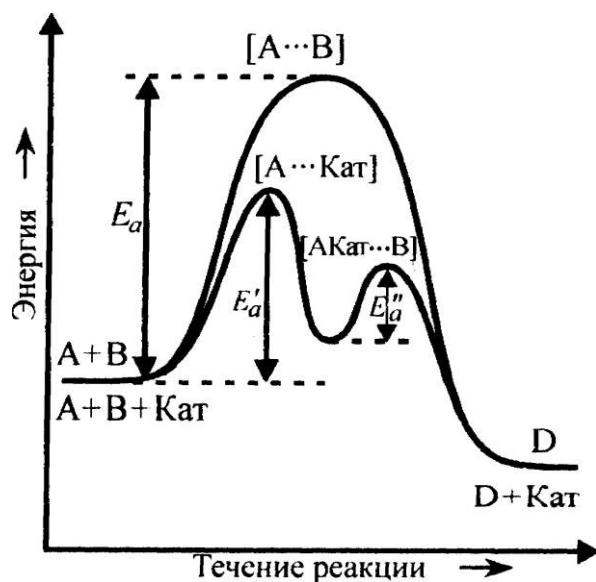
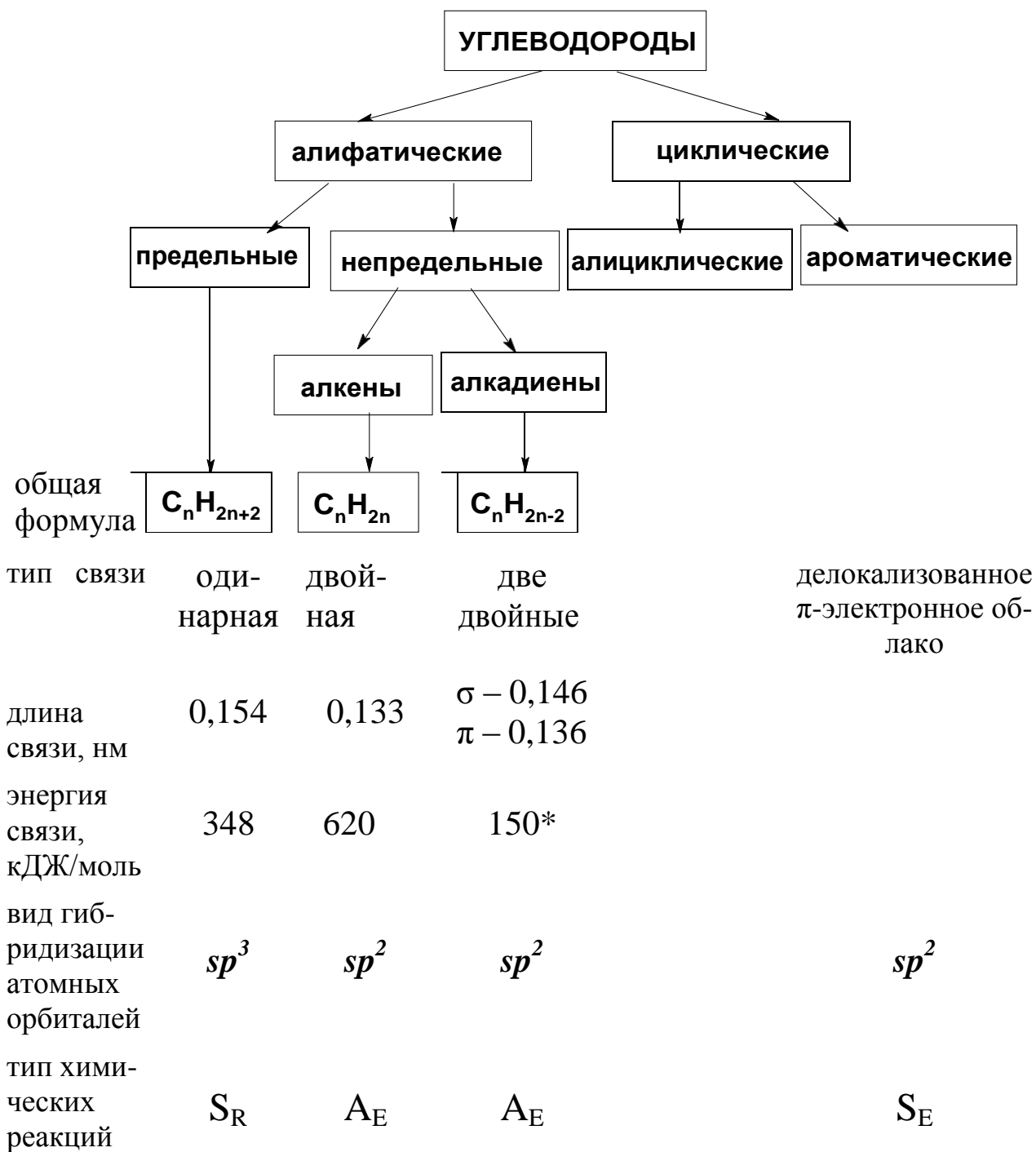


Рис. 11. Энергетические диаграммы реакции без катализатора и с катализатором

## II. РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ОСНОВНЫХ КЛАССОВ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

### 1. УГЛЕВОДОРОДЫ




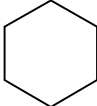
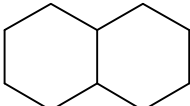
Схема 4. Классификация углеводородов



\* – энергия сопряжения



**Таблица 8. Важнейшие насыщенные алифатические углеводороды (алканы)**

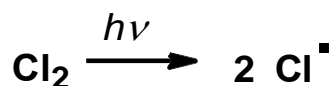
а) с неразветвлённой цепью		б) с разветвлённой цепью	
Формула	Название	Формула	Название
$\text{CH}_4$	метан	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	2-метил-пропан (изобутан)
$\text{C}_2\text{H}_6$	этан		
$\text{C}_3\text{H}_8$	пропан	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	2-метилбутан (изопентан)
$\text{C}_4\text{H}_{10}$	бутан		
$\text{C}_5\text{H}_{12}$	пентан		
$\text{C}_6\text{H}_{14}$	гексан	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	2,2-диметил-пропан (неопентан)
$\text{C}_7\text{H}_{16}$	гептан		
$\text{C}_8\text{H}_{18}$	октан		
$\text{C}_9\text{H}_{20}$	нонан	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	2-метил-пентан (изогексан)
$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$	декан		
<b>в) циклические</b>			
Формула		Название	
	$\text{C}_3\text{H}_6$	циклопропан	
	$\text{C}_4\text{H}_8$	циклобутан	
	$\text{C}_5\text{H}_{10}$	циклопентан	
	$\text{C}_6\text{H}_{12}$	циклогексан	
	$\text{C}_{10}\text{H}_{18}$	декалин	

**Реакционная способность алканов ( $S_R$ )**

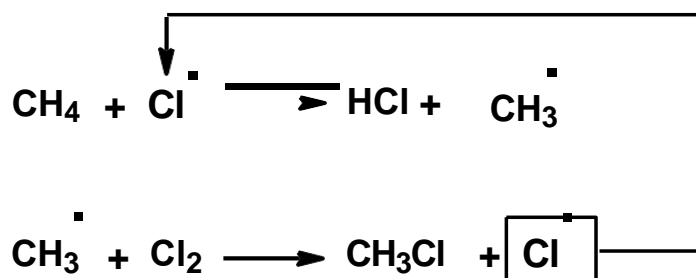
Насыщенность, низкая полярность и слабая поляризуемость связей определяют высокую инертность углеводородов в химических реакциях. Для алканов характерны реакции **радикального замещения ( $S_R$ )**.

### 1. Механизм реакции радикального замещения:

а) инициирование

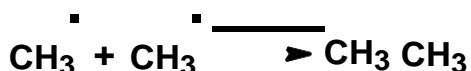


б) рост цепи

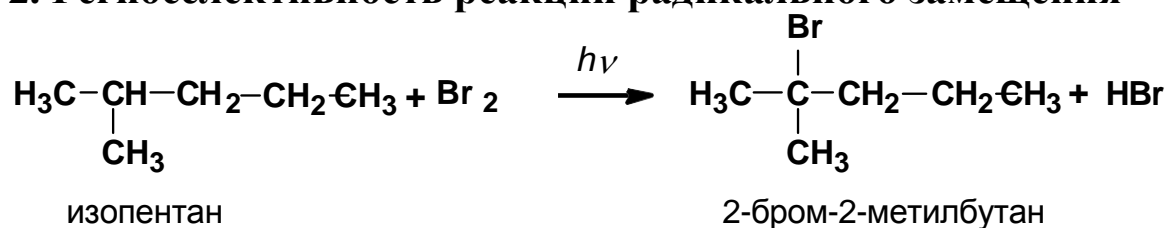


Такие процессы называют цепными, т.к. образовавшийся первоначально один радикал может инициировать хлорирование многих молекул метана.

в) обрыв цепи



### 2. Региоселективность реакций радикального замещения



Реакция протекает по правилу Марковникова (в реакциях радикального замещения алканов с бромом легче идёт замещение у третичного, затем у вторичного и в последнюю очередь у первичного атома углерода).

### 3. Особенности реакций в малых циклах

В малых циклах (циклопропан и циклобутан)  $\sigma$ -связи отличаются расположением области максимального перекрывания АО атомов углерода не на прямой, соединяющей ядра атомов, а с внешней стороны треугольника.

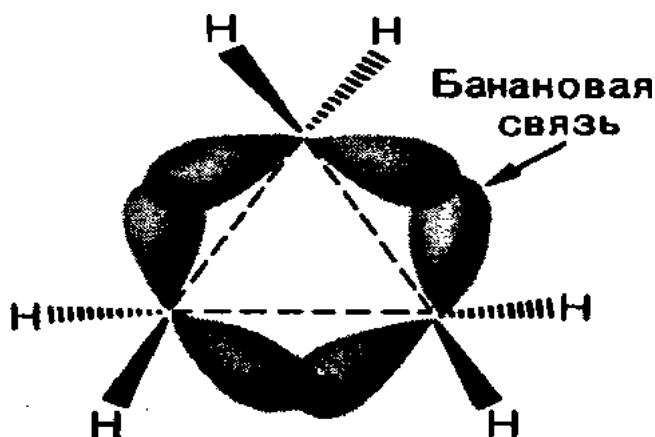


Рис. 12. Банановая связь в циклопропане

Такие связи по характеру расположения максимальной электронной плотности подобны  $\pi$ -связям и кольцо легко раскрывается при различных реакциях. Этим объясняется способность циклоалканов с малым циклом вступать в реакции радикального присоединения с разрывом цикла:

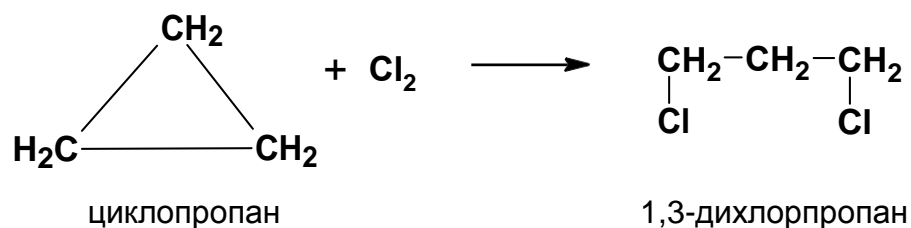





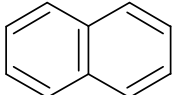
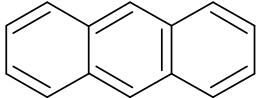
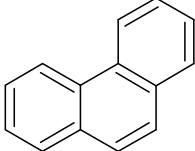


Таблица 9. Важнейшие ненасыщенные углеводороды

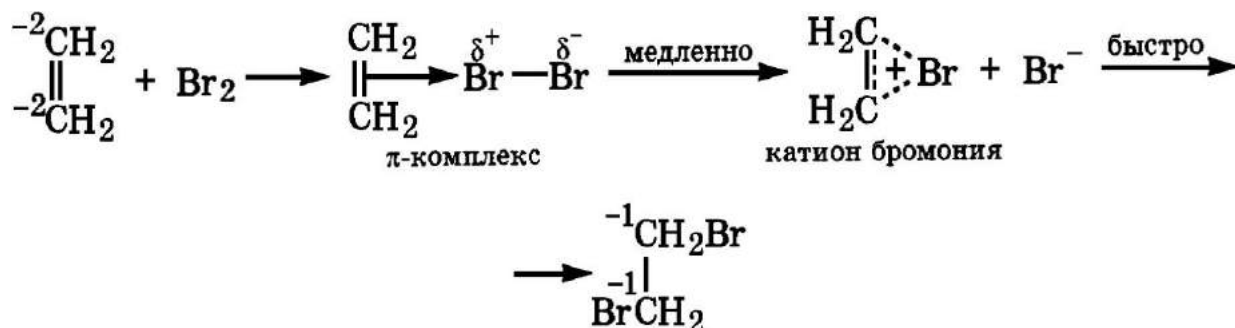
а) алифатические		б) алициклические			
Формула	Название	Формула	Название		
$C_2H_4$	этен (этилен)		циклопропен		
$C_3H_6$	пропен (пропилен)		циклобутен		
$CH_3-CH_2-CH=CH_2$	бутен-1				
$CH_3-CH=CH-CH_3$	бутен-2		циклопентен		
$CH_3-CH_2-CH_2-CH=CH_2$	пентен-1				
$CH_3-CH_2-CH=CH-CH_3$	пентен-2		циклогексен		
$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH=CH_2$	гексен-1				
$CH_3-CH_2-CH_2-CH=CH-CH_3$	гексен-2				
$CH_3-CH_2-CH=CH-CH_2-CH_3$	гексен-3				
<b>в) ароматические</b>					
Формула				Название	
	$C_6H_6$	бензол			
	$C_{10}H_8$	нафталин			
	$C_{14}H_{10}$	антрацен			
	$C_{14}H_{10}$	фенантрен			

**Реакционная способность алкенов ( $A_E$ )**

Реакционная способность алкенов, циклоалкенов, алкадиенов и алкинов определяется наличием кратной связи. Из-за высокой поляризуемости и относительно низкой энергии образования

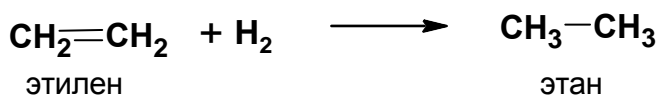
$\pi$ -связей эти соединения легко вступают в реакции присоединения с разрывом  $\pi$ -связи и образованием насыщенных соединений.

### Механизм реакций $A_E$ :

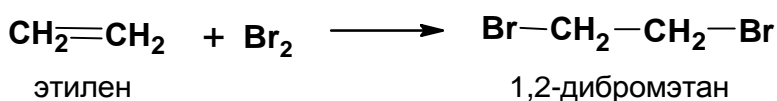


По этому механизму у алкенов протекают следующие реакции:

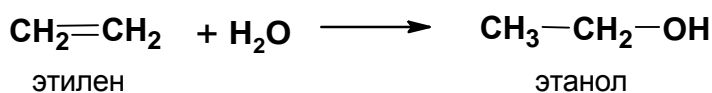
#### 1. гидрирование



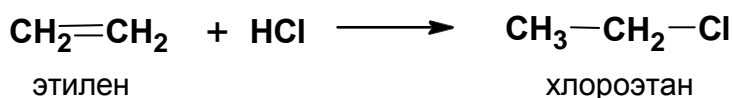
#### 2. галогенирование



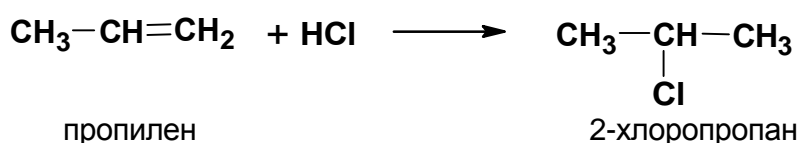
#### 3. гидратация

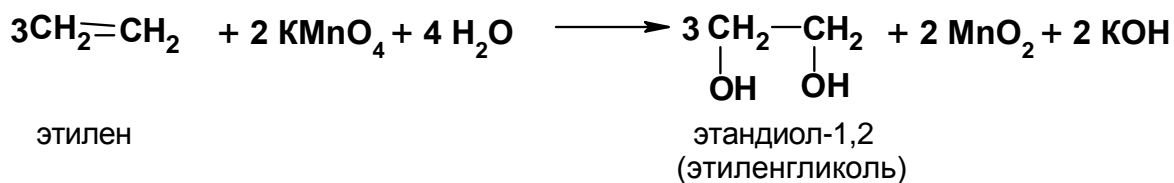


#### 4. гидрогалогенирование

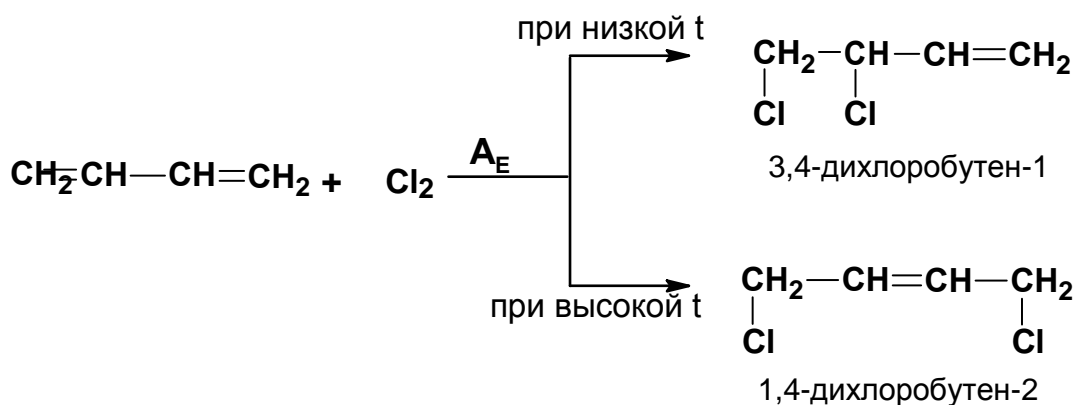


При взаимодействии реагентов типа  $\text{HX}$  с несимметричными алкенами водород присоединяется преимущественно к атому углерода, связанному с максимальным числом атомов водорода, т.е. к более гидрированному атому углерода двойной связи (**правило Марковникова**).



5. гидроксирование (реакция с  $\text{KMnO}_4$ ) – реакция Вагнера**Особенности реакций электрофильного присоединения в сопряженных системах**

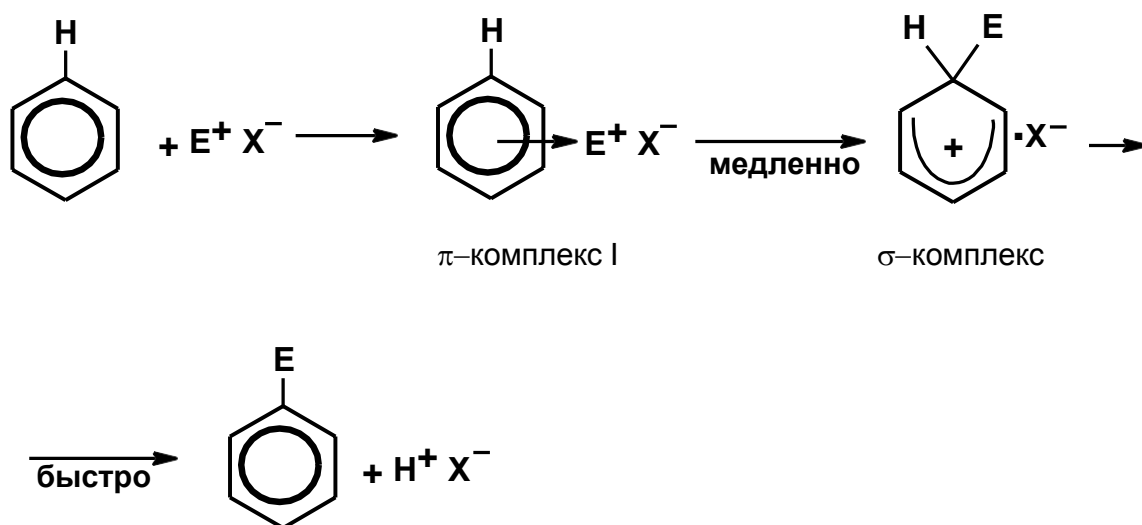
Поскольку сопряженные диены обладают большей термодинамической устойчивостью по сравнению с другими диенами, то двойные связи в диенах стремятся занять чередующееся положение. При электрофильном присоединении галогенов к бутадиену-1,3 могут образовываться соединения с 1,2-присоединением и 1,4-присоединением.



Это зависит от условий проведения реакций (температура, растворитель и др.) Доказано, что кинетически более выгодно образование 1,2-аддуктов, но термодинамически более стабильны 1,4-аддукты, поэтому обычно они и преобладают.

**Реакционная способность аренов ( $\text{S}_E$ ).** Поскольку арены термодинамически стабильные системы, для них характерны реакции электрофильного замещения.

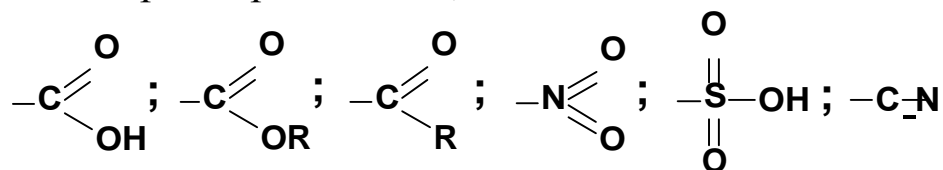
## Механизм реакций электрофильного замещения



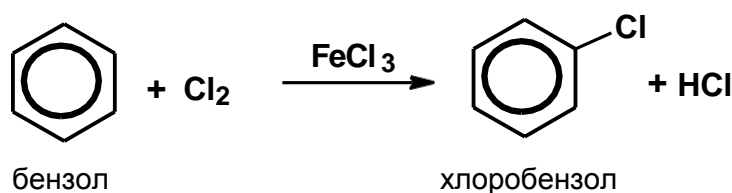
Заместители в бензольном кольце нарушают равномерность распределения  $\pi$ -электронного облака и таким образом оказывают влияние на реакционную способность кольца.

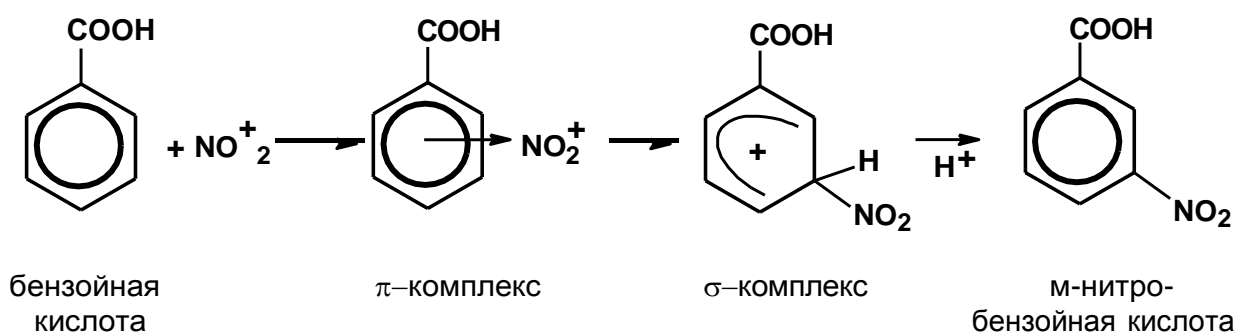
Электронодонорные заместители, ориентирующие электрофильное замещение в орто- и пара-положения называют **ориентантами I рода**. К ним относятся:  $-\text{CH}_3$ ,  $-\text{CH}_2\text{R}$ ,  $-\text{CH}=\text{CH}_2$ ,  $\text{C}_6\text{H}_5-$ ,  $-\ddot{\text{O}}\text{H}$ ,  $-\ddot{\text{O}}\text{R}$ ,  $-\text{NH}_2$ ,  $-\text{NHR}$  и галогены.

Электроноакцепторные заместители, уменьшая электронную плотность ароматической системы, сильно затрудняют образование  $\pi$ -комплекса и способствуют образованию  $\sigma$ -комплекса в мета-положении, поэтому их называют **ориентантами II рода**, они замедляют скорость реакций  $\text{S}_{\text{E}}$ , к ним относятся:

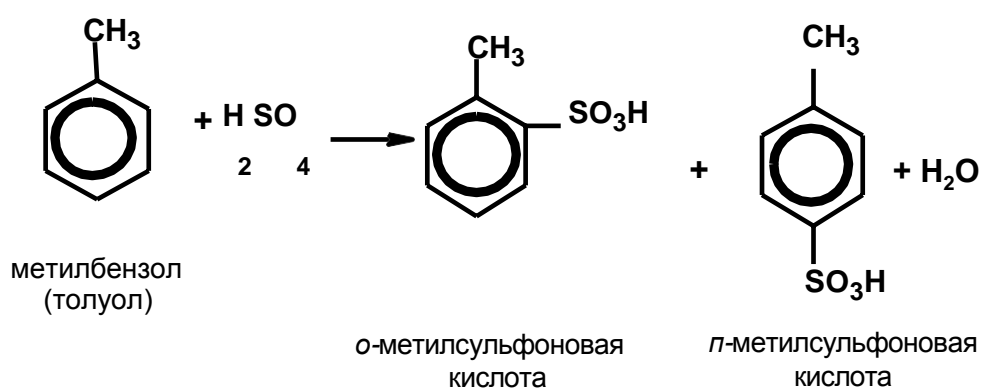


### 1. галогенирование

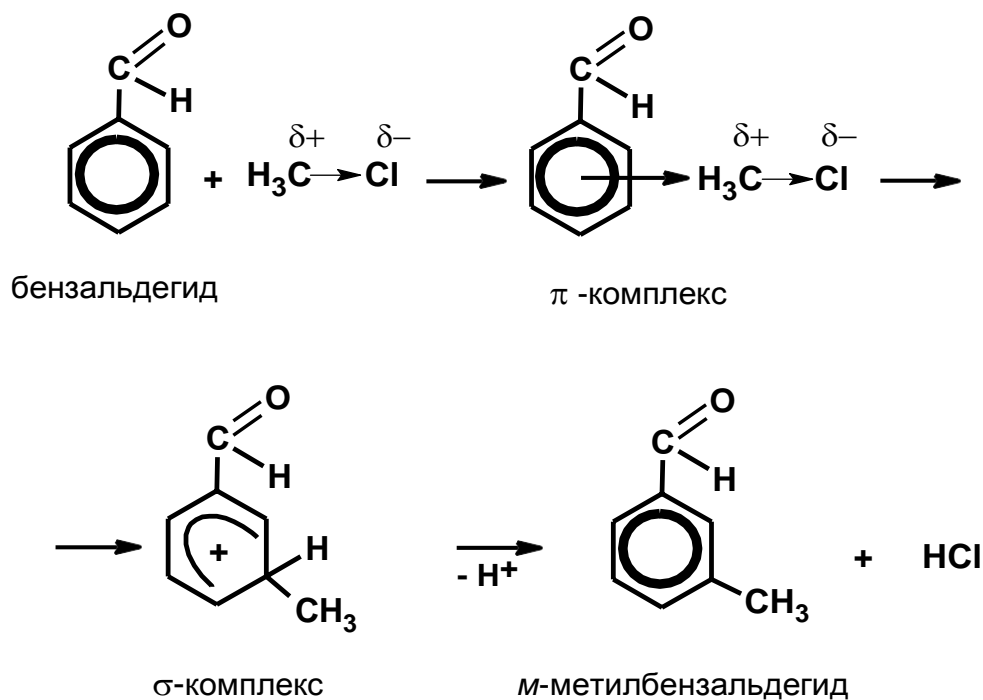


2. нитрование (реакция с  $\text{HNO}_3$  в присутствии  $\text{H}_2\text{SO}_4$  конц)

## 3. сульфирование

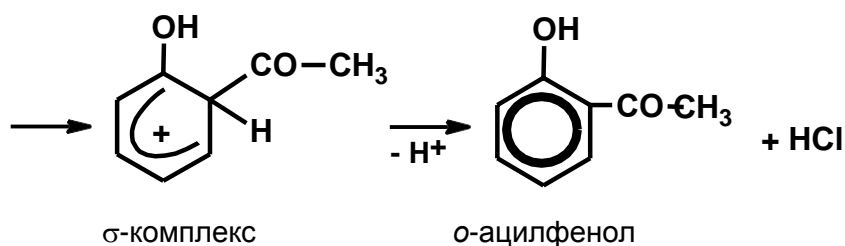
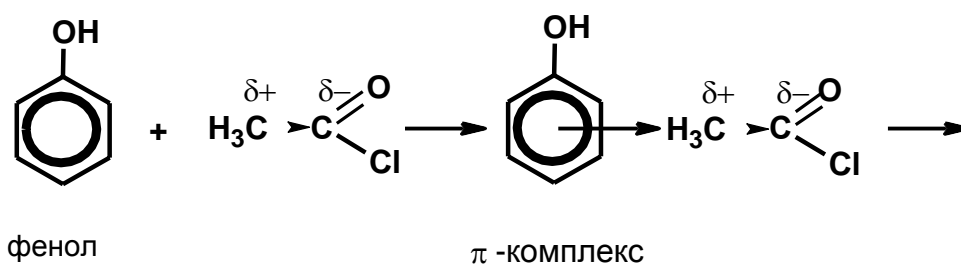


## 4. алкилирование





## 5. ацилирование



## 2. ЗАМЕЩЁННЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ

Таблица 10. Галогенуглеводороды

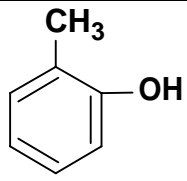
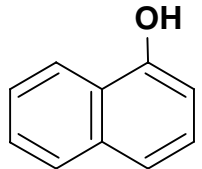
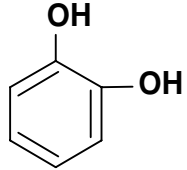
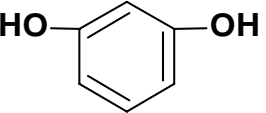
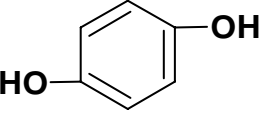
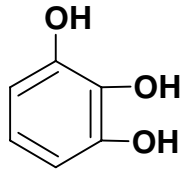
Формула	Название	
	По радикально-заместительной номенклатуре	по ИЮПАК
<b>а) моногалогенпроизводные</b>		
CH <sub>3</sub> F	метилфторид	фторметан
CH <sub>3</sub> Cl	метилхлорид	хлорметан
CH <sub>3</sub> Br	метилбромид	бромметан
CH <sub>3</sub> I	метилюдид	иодметан
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> F	этилфторид	фторэтан
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> Cl	этилхлорид	хлорэтан
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> Br	этилбромид	бромэтан
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> Cl	пропилхлорид	1-хлорпропан
CH <sub>3</sub> CHClCH <sub>3</sub>	втор-пропилхлорид	2-хлорпропан
CH <sub>2</sub> =CH-Cl	винилхлорид	хлорэтен

$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{Cl}$	аллилхлорид	1-хлорпропен-2
$\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$	фенилхлорид	хлорбензол
$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{Cl}$	бензилхлорид	фенилхлорметан
<b>б) дигалогенпроизводные</b>		
$\text{CH}_2\text{F}_2$	метиленфторид	дифторметан
$\text{CH}_2\text{Cl}_2$	метиленхлорид	дихлорметан
$\text{CH}_2\text{Br}_2$	метиленбромид	дибромметан
$\text{CH}_2\text{ClCH}_2\text{Cl}$	этиленхлорид	1,2-дихлорэтан
<b>в) тригалогенпроизводные</b>		
$\text{CHF}_3$	фтороформ*	трифторметан
$\text{CHCl}_3$	хлороформ*	трихлорметан
$\text{CCl}_2=\text{CHCl}$		трихлорэтен
<b>г) тетрагалогенпроизводные</b>		
$\text{CF}_4$	четырёхфтористый углерод	тетрафторметан
$\text{CCl}_4$	четырёххлористый углерод	тетрахлорметан
$\text{CF}_2=\text{CF}_2$	тетрафторэтилен	тетрафторэтен
$\text{CCl}_2=\text{CCl}_2$	тетрахлорэтилен	тетрахлорэтен

\* – название тривиальное

**Таблица 11. Спирты и фенолы**

Формула	Название	
	По радикально-заместительной номенклатуре	по ИЮПАК
<b>а) одноатомные</b>		
$\text{CH}_3\text{OH}$	метиловый	метанол
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	этиловый	этанол
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	пропиловый	пропанол
$(\text{CH}_3)_2\text{CHOH}$	изопропиловый	пропанол-2
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	бутиловый	бутанол-1
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$	втор-бутиловый	бутанол-2

$(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{OH}$	изобутиловый	2-метилпропанол-1
$(\text{CH}_3)_3\text{COH}$	трет-бутиловый	2-метилпропанол-2
$\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$	амиловый*	пентанол-1
$\text{C}_{16}\text{H}_{33}\text{OH}$	цетиловый*	
$\text{C}_{30}\text{H}_{61}\text{OH}$	мирициловый*	
$\text{C}_6\text{H}_{11}\text{OH}$		циклогексанол
$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$	гидроксibenзол	фенол
$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH}$	бензиловый	фенилметанол
$\text{CH}_2=\text{CHCH}_2\text{OH}$	аллиловый	пропен-2-ол
	<i>o</i> -крезол*	<i>o</i> -метилфенол
	$\alpha$ -нафтол	нафтол-1
<b>б) многоатомные</b>		
$\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	этиленгликоль	этандиол
$\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{OH}$	пропиленгликоль	пропандиол-1,2
$\text{HOCH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{OH}$	глицерин*	пропантриол-1,2,3
	<i>o</i> -дигидроксибензол (пирокатехин*)	1,2-дигидроксибензол
	<i>m</i> -дигидроксибензол (резорцин*)	1,3-дигидроксибензол
	<i>p</i> -дигидроксибензол (гидрохинон*)	1,4-дигидроксибензол
	пирогаллол*	1,2,3-триоксибензол

\* – название тривиальное

Таблица 12. Тиолы и сульфиды

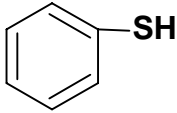
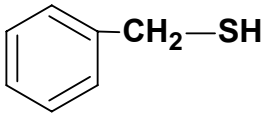
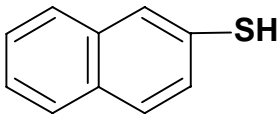
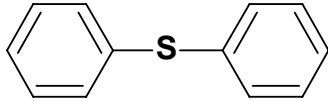
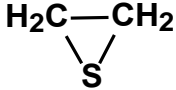
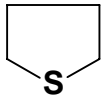
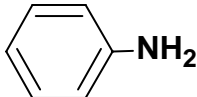
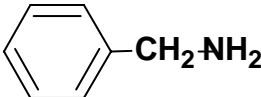
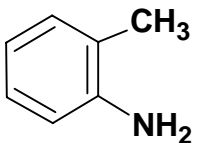
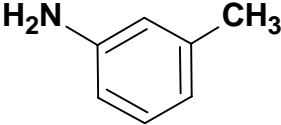
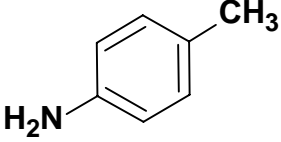
Формула	Название
<b>ТИОЛЫ</b>	
$\text{CH}_3\text{-SH}$	метантиол
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{-SH}$	эантиол
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{-SH}$	пропантиол-1
$(\text{CH}_3)_2\text{CH-SH}$	пропантиол-2
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{-SH}$	бутантиол-1
	тиофенол
	фенилметантиол
	тионафтол-2
<b>сульфиды</b>	
$\text{CH}_3\text{-S-CH}_3$	диметилсульфид
$\text{C}_2\text{H}_5\text{-S-C}_2\text{H}_5$	диэтилсульфид
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{-S-CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	дипропилсульфид
	дифенилсульфид
	этиленсульфид (тииран)
	тетрагидротиофен

Таблица 13. Амины

Формула	Название		
<b>а) алифатические</b>			
<b>первичные</b>			
$\text{CH}_3\text{-NH}_2$	метиламин		
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{-NH}_2$	этиламин		
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{-NH}_2$	пропиламин		
$(\text{CH}_3)_2\text{CH-NH}_2$	изопропиламин		
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{-NH}_2$	бутиламин		
<b>вторичные</b>			
$(\text{CH}_3)_2\text{NH}$	диметиламин		
$(\text{CH}_3\text{CH}_2)_2\text{NH}$	диэтиламин		
$\text{CH}_3\text{-NH-C}_2\text{H}_5$	метилэтиламин		
<b>третичные</b>			
$(\text{CH}_3)_3\text{N}$	триметиламин		
$(\text{CH}_3\text{CH}_2)_3\text{N}$	триэтиламин		
<b>диамины</b>			
$\text{H}_2\text{N-CH}_2\text{CH}_2\text{-NH}_2$	этилендиамин		
$\text{H}_2\text{N-(CH}_2)_6\text{-NH}_2$	гексаметилендиамин		
<b>б) ароматические</b>			
<b>первичные</b>			
	анилин		бензиламин
	<i>o</i> -толуидин		<i>m</i> -толуидин
	<i>p</i> -толуидин		
<b>вторичные</b>			

	N-метил-анилин		дифениламин
	N, N-диметил-анилин		

### Реакционная способность:

#### I. реакции нуклеофильного замещения ( $S_N1$ и $S_N2$ )

Реакции, в которых происходит замещение атома или группы атомов на нуклеофил, называются **реакциями нуклеофильного замещения ( $S_N$ )**. Такие реакции наиболее характерны для насыщенных органических соединений, имеющих полярную связь, которая разрывается гетеролитически (спирты, тиолы, галогеналканы, амины). Скорость в реакциях нуклеофильного замещения зависит от ряда факторов:

– **стабильности уходящей группы**. Уходящий анион должен быть стабильнее вступающего. Хорошие уходящие группы – слабые основания: метан-сульфонат-ион > пара-толуол-сульфонат-ион > I > Br > Cl > F. Сильные основания – плохие уходящие группы: HO–, H<sub>2</sub>N–, RO–, R<sub>2</sub>N–;

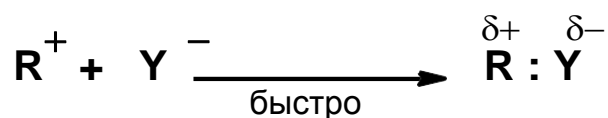
– **прочности связывания отдаваемой пары электронов**. Чем сильнее нуклеофил удерживает пару электронов, тем слабее он вступает в реакции  $S_N$ . Наименее прочно удерживаются несвязывающие электроны, поэтому нуклеофил, как правило, их и использует.

**Мономолекулярная  $S_N1$  реакция** представляет собой двухстадийный процесс.

1 стадия – ионизация реагента (образование карбокатиона – карбониевого иона):

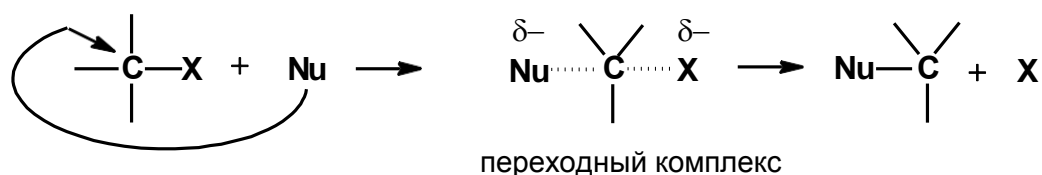


2 стадия – взаимодействие карбокатиона с нуклеофилом:



В определяющей скорости реакции (1) участвует только одна молекула субстрата, поэтому этот процесс мономолекулярный.

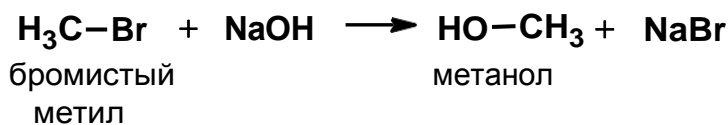
**Бимолекулярная реакция  $S_N2$**  – одностадийный процесс. Атака нуклеофила и отщепление уходящей группы происходят одновременно, без образования карбокатиона, т.е. скорость реакции зависит от концентрации как субстрата, так и нуклеофила. Нуклеофил атакует молекулу со стороны, противоположной уходящей группе. В переходном состоянии разрыв  $C-X$  связи происходит по мере образования новой. Реакция  $S_N2$  протекает с обращением конфигурации.



Скорость этой реакции определяется концентрацией субстрата и нуклеофила.

По механизму нуклеофильного замещения протекают следующие реакции:

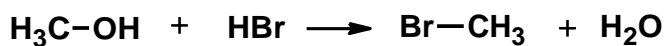
а) гидролиз галогенпроизводных (взаимодействие с водными растворами щелочей)



Механизм реакции



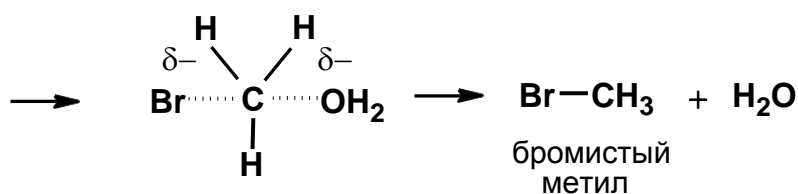
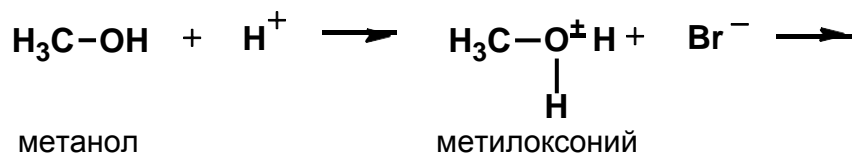
б) образование галогенидов



метанол

бромистый  
метил

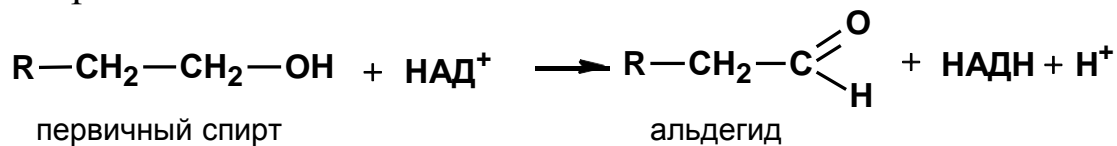
Механизм реакции



## II. реакции элиминирования (E)

а) окисление спиртов (дегидрирование):

– первичных



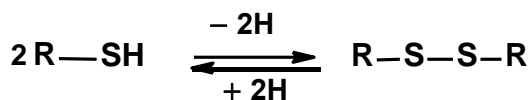
– вторичных



вторичный спирт

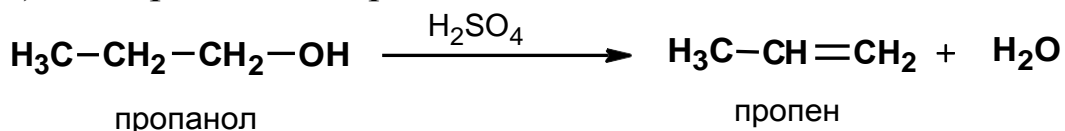
кетон

б) окисление тиолов (дегидрирование)

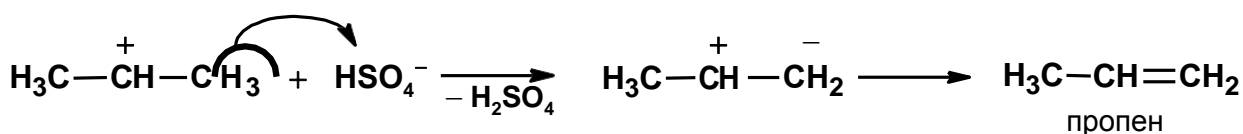
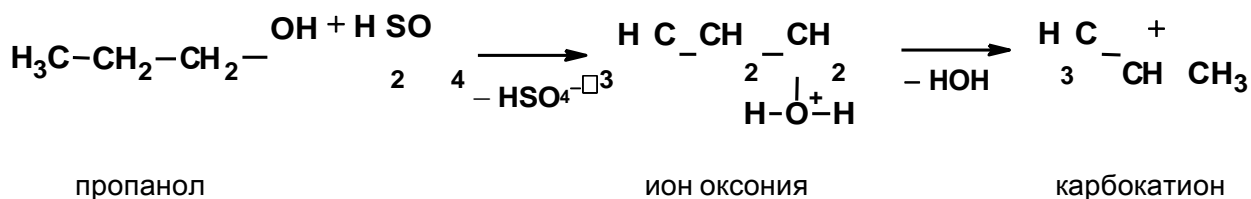




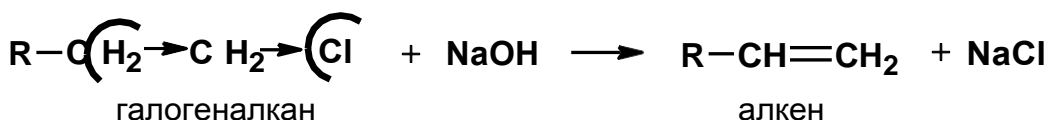
в) дегидратация спиртов



Механизм реакции



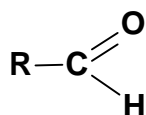
г) дегидрогалогенирование галогенпроизводных (взаимодействие со спиртовыми растворами щелочей)



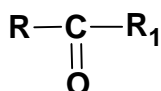
### 3. АЛЬДЕГИДЫ И КЕТОНЫ

В альдегидах и кетонах функциональной группой является  $\text{>C=O}$  карбонильная, поэтому они относятся к карбонильным соединениям.

Альдегидами называются соединения, в которых карбонильная группа соединена с атомом водорода и углеводородным радикалом; в кетонах карбонильная группа связана с двумя радикалами.



альдегид

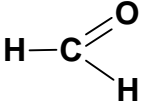
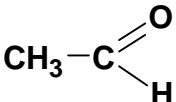
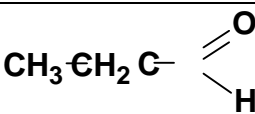
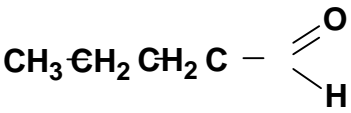
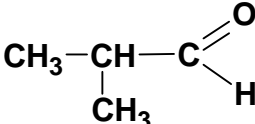
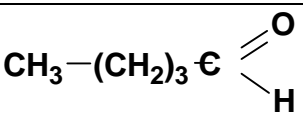
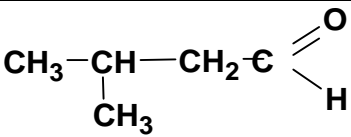
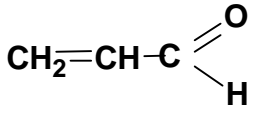
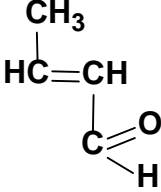
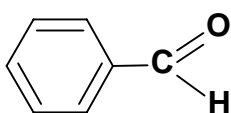
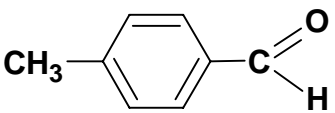


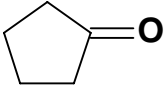
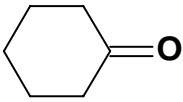
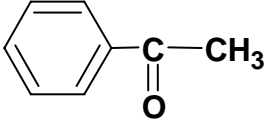
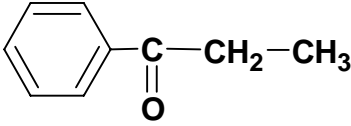
кетон

В зависимости от строения радикалов карбонильные соединения могут быть алифатическими (насыщенными и ненасыщенными)

ми) и циклическими (алициклическими и ароматическими). Формулы важнейших альдегидов и кетонов приведены в таблице.

**Таблица 14. Альдегиды и кетоны**

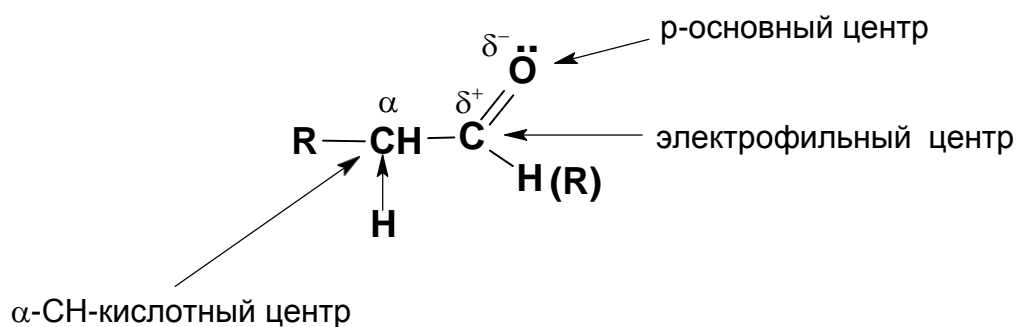
Формула	Название	
	тривиальное	ИЮПАК
<b>а) альдегиды</b>		
	формальдегид	метаналь
	ацетальдегид	этаналь
	пропионовый альдегид	пропаналь
	масляный альдегид	бутаналь
	изомасляный альдегид	2-метил-пропаналь
	валериановый альдегид	пентаналь
	изовалериановый альдегид	3-метилбутаналь
	акриловый альдегид	пропеналь
	кротоновый альдегид	(E) бутен-2-аль
	бензальдегид	бензальдегид
	<i>n</i> -толуидиновый альдегид	4-метил-бензальдегид
<b>б) кетоны</b>		

Формула	Название	
	По радикально-заместительной номенклатуре	По ИЮПАК
$\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{CH}_3$	диметилкетон (ацетон*)	пропанон
$\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	метилэтилкетон	бутанон-2
$\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	метилпропилкетон	пентанон-2
		циклопентанон
		циклогексанон
	метилфенилкетон	ацетофенон
	этилфенилкетон	пропиофенон

\* – название тривиальное

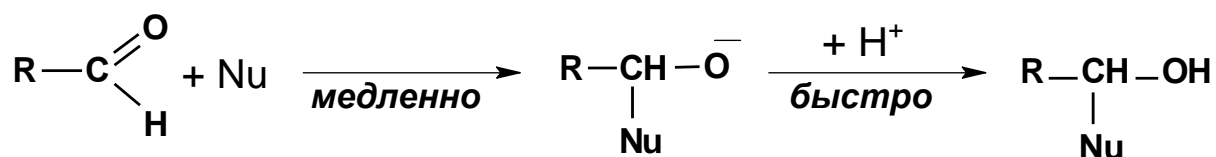
## Химические свойства альдегидов и кетонов

### Реакционные центры



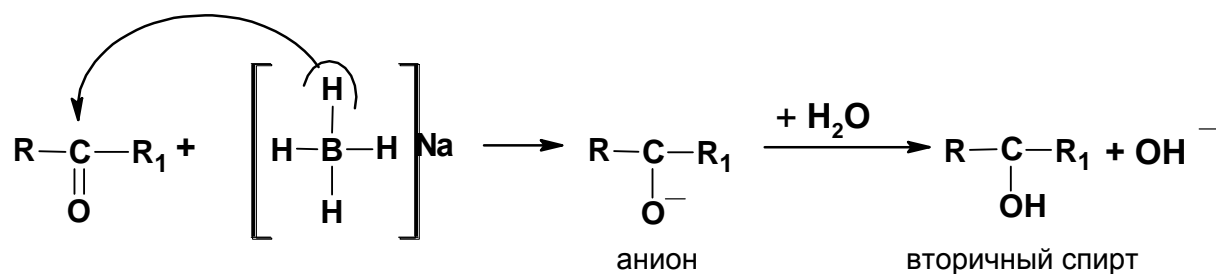
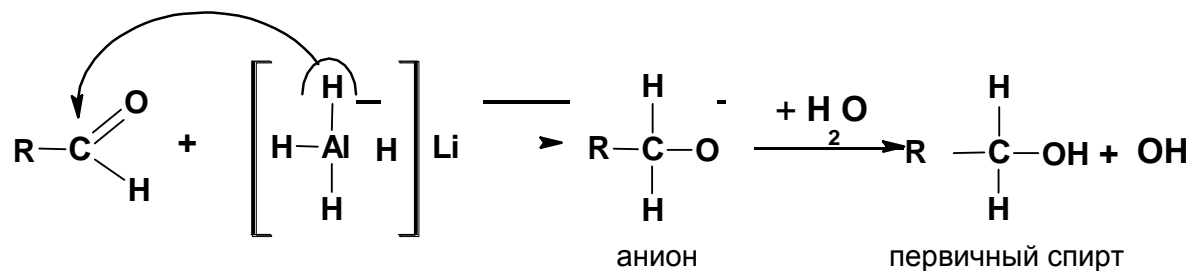
По электрофильному центру протекают реакции нуклеофильного присоединения ( $A_N$ ).

Механизм реакции  $A_N$ :

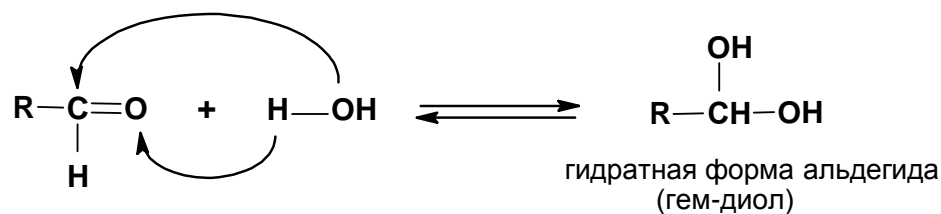


По механизму  $A_N$  протекают следующие реакции:

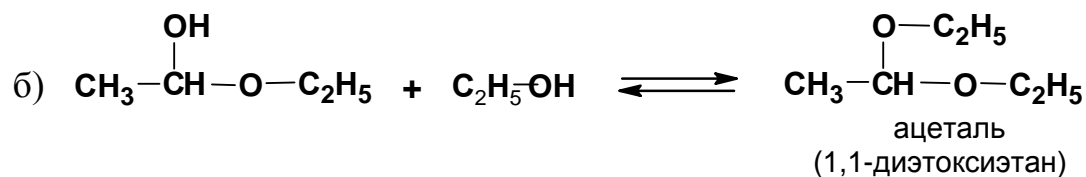
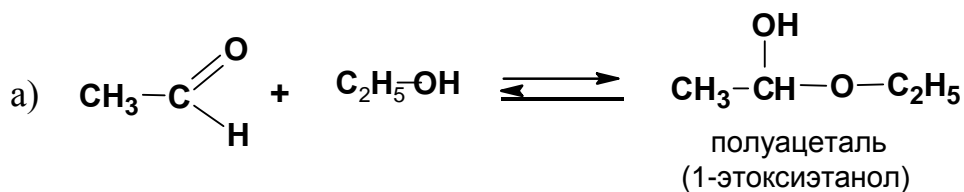
### 1. Реакции восстановления альдегидов и кетонов



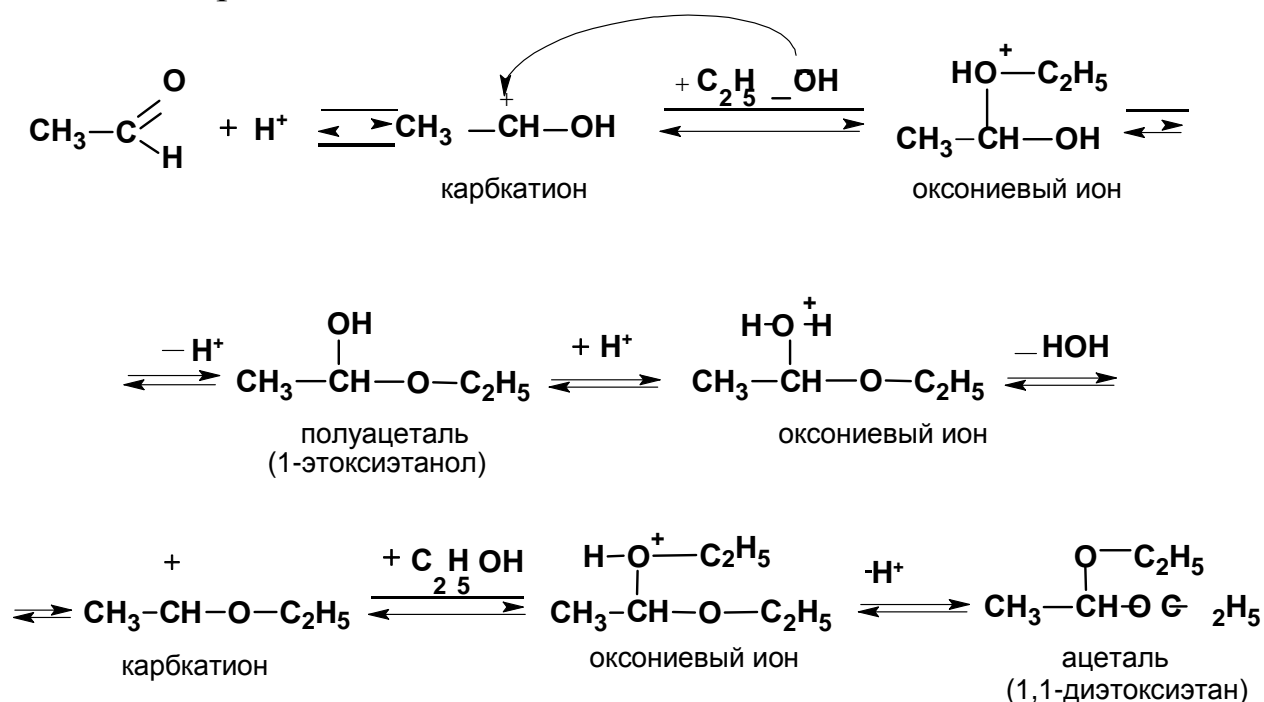
### 2. Реакции гидратации



### 3. Реакции получения полуацеталей и ацеталей



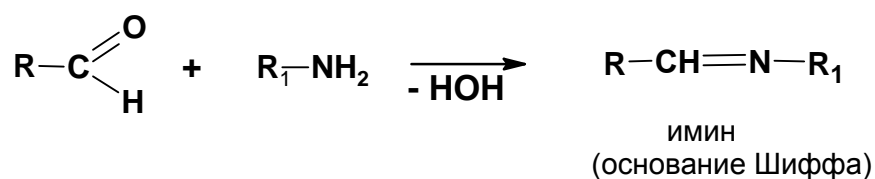
## Механизм реакции



## 4. Реакции с синильной кислотой

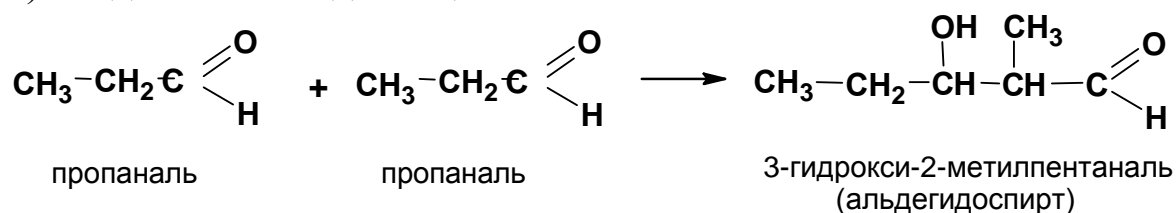


## 5. Реакции присоединения-отщепления (с аммиаком и его производными)

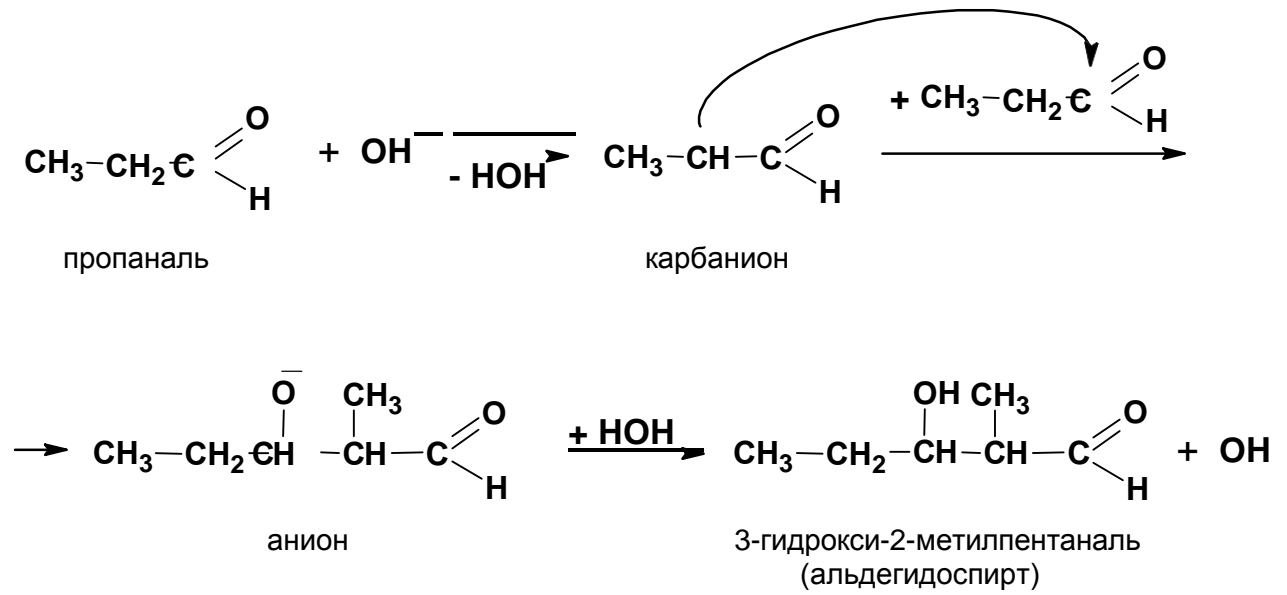


## Реакции по СН-кислотному центру:

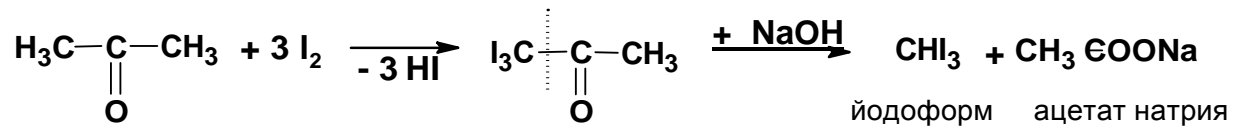
## а) альдольная конденсация



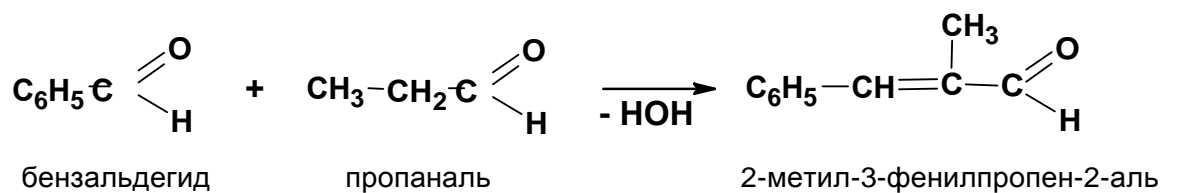
## Механизм реакции



## б) галоформная реакция



В случае отсутствия  $\alpha$ -СН-кислотного центра альдегиды вступают в реакцию кротоновой конденсации



Основной центр участвует в кислотном катализе.

## 4. КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ

Карбоновыми кислотами называются соединения, содержащие карбоксильную функциональную группу –COOH.

### Схема 5. Классификация карбоновых кислот

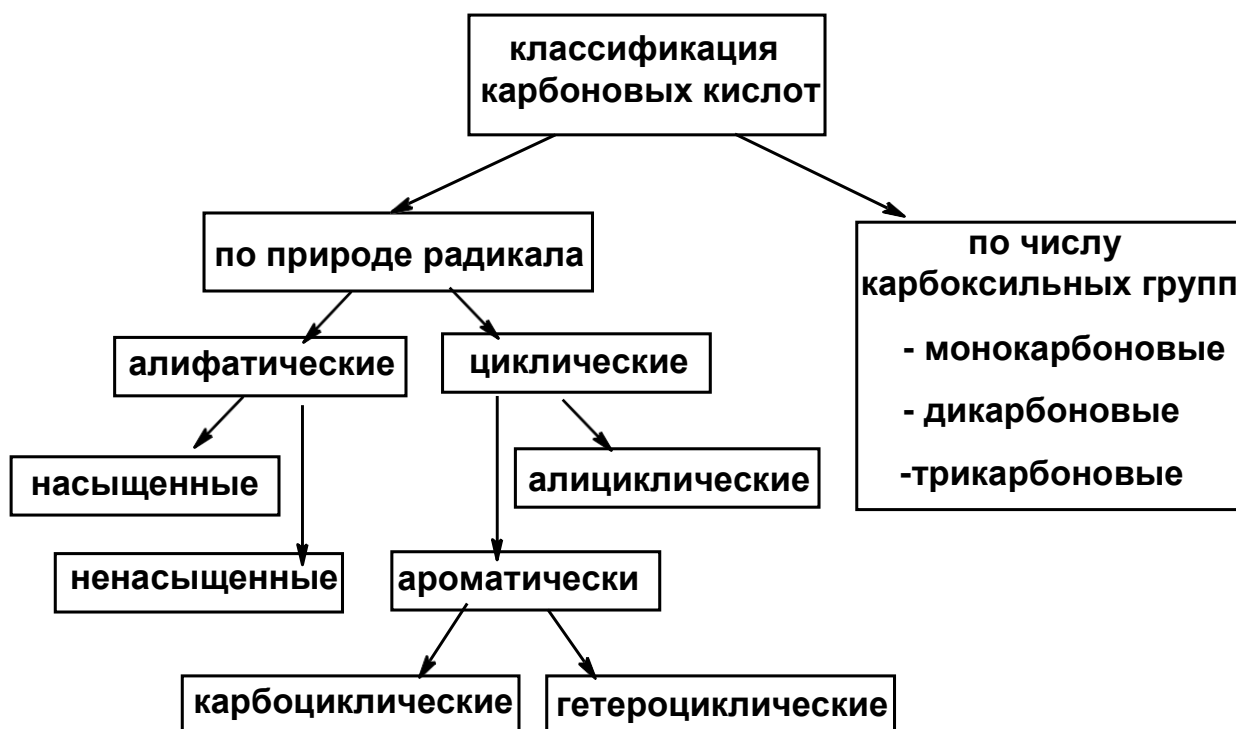
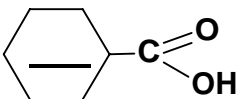
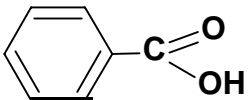
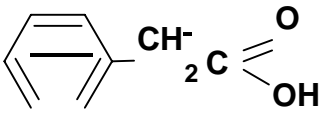
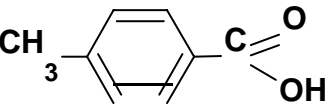
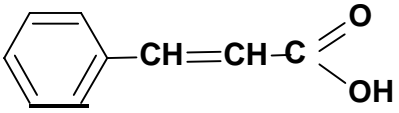
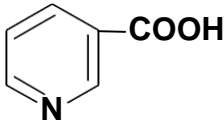
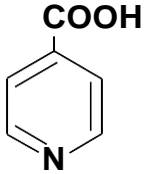
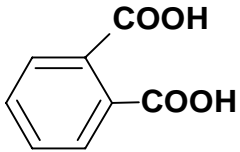
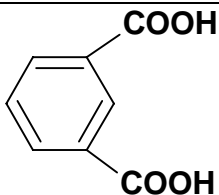


Таблица 15. Важнейшие карбоновые кислоты

Формула	Название ацильного радикала (R-CO-)	Название кислоты	
		Тривиальное	ИЮПАК
<b>а) монокарбоновые</b>			
<b>алифатические</b>			
$\text{H}-\text{C} \begin{array}{l} \text{=} \text{O} \\ \backslash \text{OH} \end{array}$	формил	муравьиная	метановая
$\text{CH}_3-\text{C} \begin{array}{l} \text{=} \text{O} \\ \backslash \text{OH} \end{array}$	ацетил	уксусная	этановая

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{OH} \end{array}$	пропионил	пропионовая	пропановая
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{OH} \end{array}$	бутирил	масляная	бутановая
$\text{CH}_3\text{—CH} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{OH} \end{array} \\   \\ \text{CH}_3$	изобутирил	изомасляная	2-метил- пропановая
$\text{CH}_3\text{—}(\text{CH}_2)_3\text{C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{OH} \end{array}$	валерил	валериановая	пентановая
$\text{CH}_3\text{—CH} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{OH} \end{array} \text{—CH}_2\text{—} \\   \\ \text{CH}_3$	изовалерил	изовалериановая	3-метил- бутановая
$\text{CH}_3\text{—}(\text{CH}_2)_4\text{C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{OH} \end{array}$	капронил	капроновая	гексановая
$\text{CH}_2\text{=CH—C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{OH} \end{array}$	акрилоил	акриловая	пропеновая
$\text{CH}_3\text{—CH=CH—C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{OH} \end{array}$	кротонил	кротоновая	(E) бутен-2- овая
$\text{CH}_3\text{—CH=CH—CH=CH—C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{OH} \end{array}$		сорбиновая	гексадиен- 2,4-овая
<b>циклические</b>			
			цикло- гексан- карбоновая
	бензоил		бензойная
		фенил- уксусная	фенил- этановая
	толуидил	<i>n</i> -толуиди- новая	4-метил- бензойная
	цинамоил	коричная	(E)-3- фенил- пропеновая

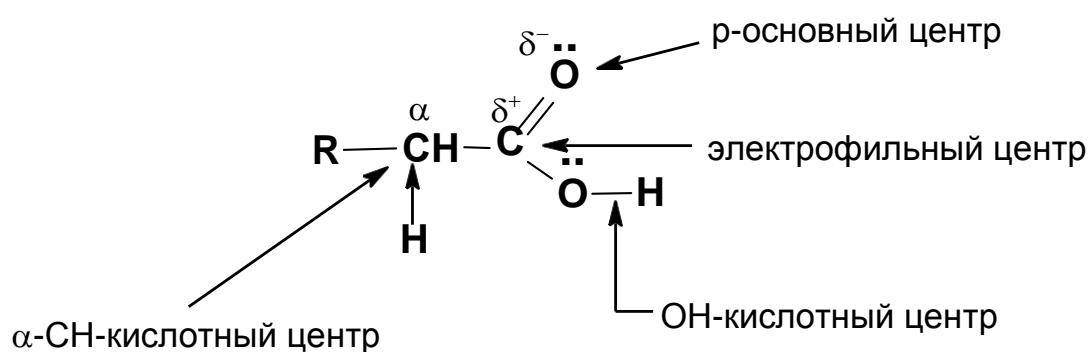


		никотиновая (vit B <sub>5</sub> )	β-пиридин- карбоновая
		изоникоти- новая	γ-пиридин- карбоновая
<b>б) дикарбоновые</b>			
<b>алифатические</b>			
HOOC—COOH	оксалил	щавелевая	этандиовая
HOOC—CH <sub>2</sub> —COOH	малонил	малоновая	пропандиовая- 1,3
HOOC—CH <sub>2</sub> —CH <sub>2</sub> —COOH	сукцинил	янтарная	бутандиовая- 1,4
HOOC—(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> —COOH	глутарил	глутаровая	пентандиовая- 1,5
HOOC—(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> —COOH	адипиноил	адипиновая	гександиовая- 1,6
$\begin{array}{c} \text{HC—COOH} \\    \\ \text{HC—COOH} \end{array}$	малеиноил	малеиновая	(Z)-бутен- диовая-1,4
$\begin{array}{c} \text{HOOC—CH} \\    \\ \text{HC—COOH} \end{array}$	фумароил	фумаровая	(E)-бутен- диовая-1,4
<b>циклические</b>			
		фталевая	бензол-1,2- дикарбоновая
		изо- фталевая	бензол-1,3- дикарбоновая
<b>в) трикарбоновые</b>			
$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{—COOH} \\   \\ \text{HO—C—COOH} \\   \\ \text{CH}_2\text{—COOH} \end{array}$		лимонная	2-гидрокси- пропан-1,2,3- трикарбоно- вая

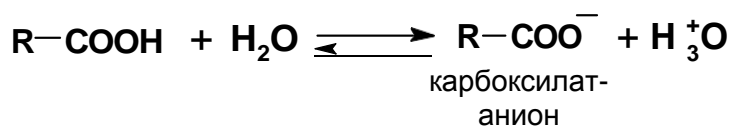
$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{HO}-\text{CH}-\text{COOH} \end{array}$		изолимон- ная	1-гидрокси- пропан-1,2,3- трикарбоно- вая
$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{COOH} \\   \\ \text{C}-\text{COOH} \\    \\ \text{CH}-\text{COOH} \end{array}$		цис- аконитовая	пропен-1,2,3- трикарбоно- вая

## Реакционная способность

### Реакционные центры

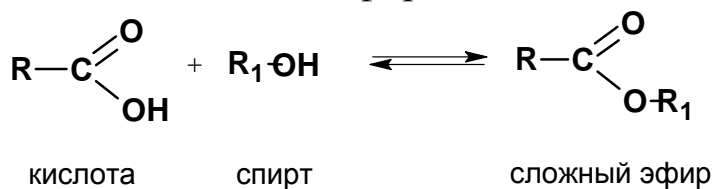


### 1. Кислотные свойства

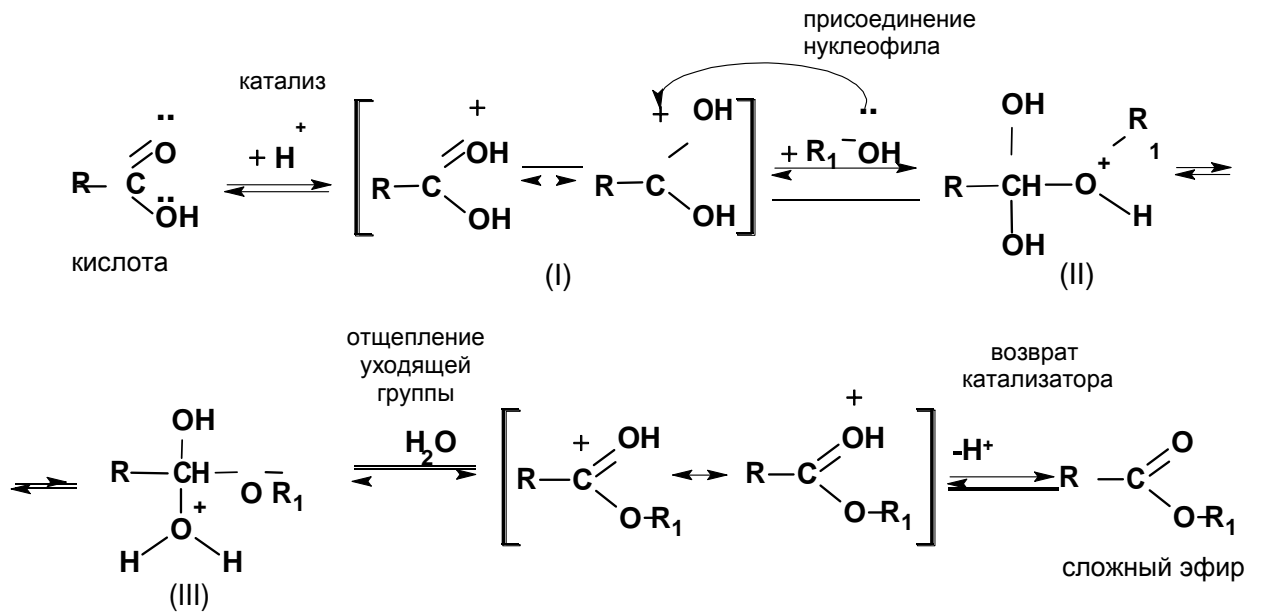


### 2. Реакции $S_N$ . Ацилирующая способность функциональных производных

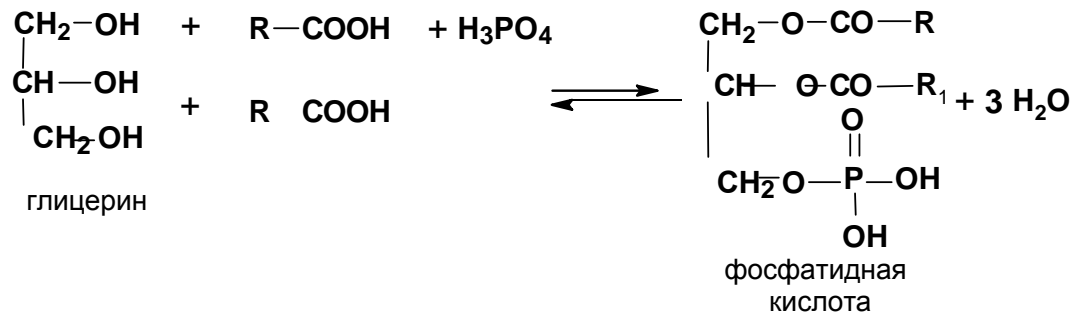
#### а) образование сложных эфиров



## Механизм реакции



б)



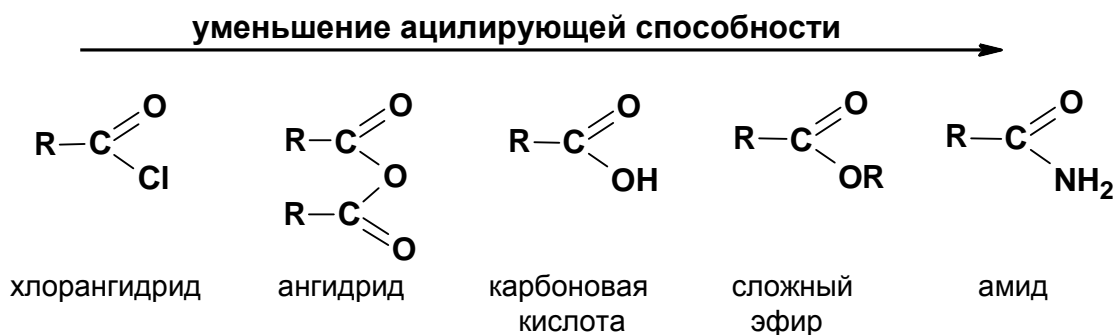
в) образование галогенангидридов



г) образование амидов

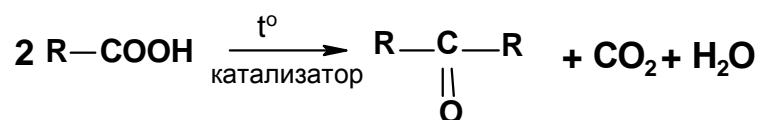


Ацилирующая способность функциональных производных карбоновых кислот:

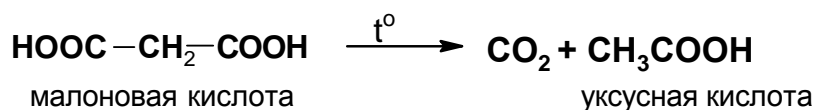


### 3. Реакции декарбоксилирования

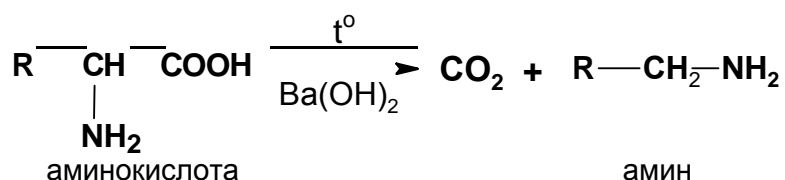
а) алифатических монокарбоновых кислот



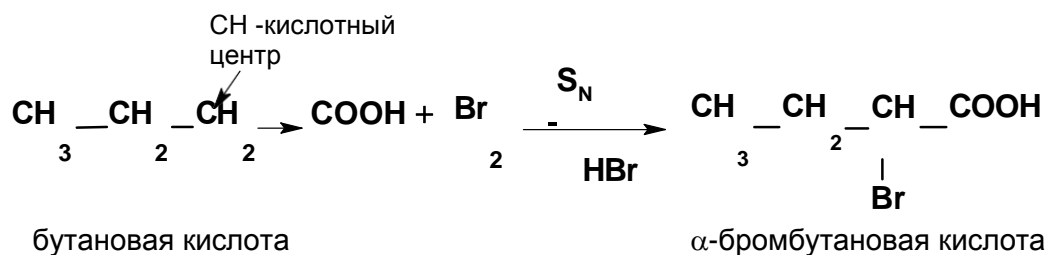
б)  $\alpha$ -дикарбоновых кислот



в)  $\alpha$ -аминокислот



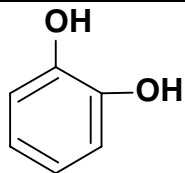
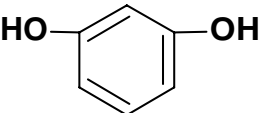
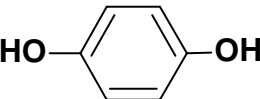
### 4. Реакции по $\text{CH}$ -кислотному центру



## 5. ГЕТЕРОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Полифункциональные соединения – соединения, в молекулах которых содержатся две и более одинаковые функциональные группы. Гетерофункциональными соединениями называются полифункциональные соединения с различными функциональными группами.

**Таблица 16. Полифункциональные соединения**

Формула	Название
<b>алифатические</b>	
$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\   \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$	этиленгликоль
$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\   \\ \text{CH-OH} \\   \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$	глицерин
$\begin{array}{c} \text{O} & & \text{O} \\ // & & // \\ \text{H}-\text{C} & - & \text{C}-\text{H} \\ \backslash & & / \end{array}$	глиоксаль
HOOC—COOH	щавелевая кислота
HOOC—CH <sub>2</sub> —COOH	малоновая кислота
HOOC—CH <sub>2</sub> —CH <sub>2</sub> —COOH	янтарная кислота
<b>ароматические</b>	
	пирокатехин
	резорцин
	гидрохинон

	КИНОН
	пиррогалол

Таблица 17. Гетерофункциональные соединения

Классы соединений	Функциональные группы	Формула	Название
амино-спирты	HO-, -NH <sub>2</sub>	HO-CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -NH <sub>2</sub>	аминоэтанол
гидрокси-кислоты	HO-, -COOH	HO-CH <sub>2</sub> -COOH	гликолевая
	HO-, -COOH	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{OH} \end{array}$	молочная
	HO-, -COOH	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{COOH} \\   \\ \text{HO}-\text{C}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2-\text{COOH} \end{array}$	лимонная
	HO-, -COOH	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{OH} \end{array}$	β-гидрокси-масляная
	HO-, -COOH	$\begin{array}{c} \text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{OH} \end{array}$	яблочная
ОКСО-КИСЛОТЫ	>C=O, -COOH	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \diagdown \\ \text{C}=\text{O} \\ \diagup \\ \text{O} \end{array} -\text{COOH}$	глиоксилевая
	>C=O, -COOH	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{COOH} \\    \\ \text{O} \end{array}$	ПВК (пириноградная)

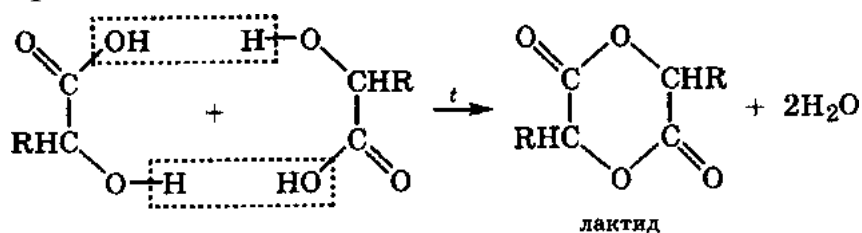
	$\text{>C=O, -COOH}$	$\text{CH}_3-\underset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{CH}_2-\text{COOH}$	$\beta$ -оксо- масляная (ацето- уксусная)
	$\text{>C=O, -COOH}$	$\text{HOOC}-\underset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{CH}_2-\text{COOH}$	щавелево- уксусная (ЩУК)
	$\text{>C=O, -COOH}$	$\text{HOOC}-\underset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$	$\alpha$ -кето- глутаровая
амино- кислоты	$-\text{NH}_2, -\text{COOH}$	$\text{H}-\underset{\text{NH}_2}{\underset{ }{\text{C}}}-\text{COOH}$	глицин
	$-\text{NH}_2, -\text{COOH}$	$\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{NH}_2}{\underset{ }{\text{C}}}-\text{COOH}$	аланин
	$-\text{NH}_2, -\text{COOH}$	$\text{NH}_2-(\text{CH}_2)_3-\text{COOH}$	$\gamma$ -амино- масляная
	$-\text{NH}_2, -\text{HO},$ $-\text{COOH}$	$\text{HO}-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_2}{\underset{ }{\text{C}}}-\text{COOH}$	серин
	$-\text{NH}_2, -\text{HO},$ $-\text{COOH}$	$\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{OH}}{\underset{ }{\text{C}}}-\underset{\text{NH}_2}{\underset{ }{\text{C}}}-\text{COOH}$	треонин
	$-\text{NH}_2, -\text{SH},$ $-\text{COOH}$	$\text{HS}-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_2}{\underset{ }{\text{C}}}-\text{COOH}$	цистеин
	$-\text{NH}_2, -\text{COOH}$	$\text{S}-\underset{\text{CH}_3}{\underset{ }{\text{C}}}-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_2}{\underset{ }{\text{C}}}-\text{COOH}$	метионин

### Реакционная способность гетерофункциональных соединений

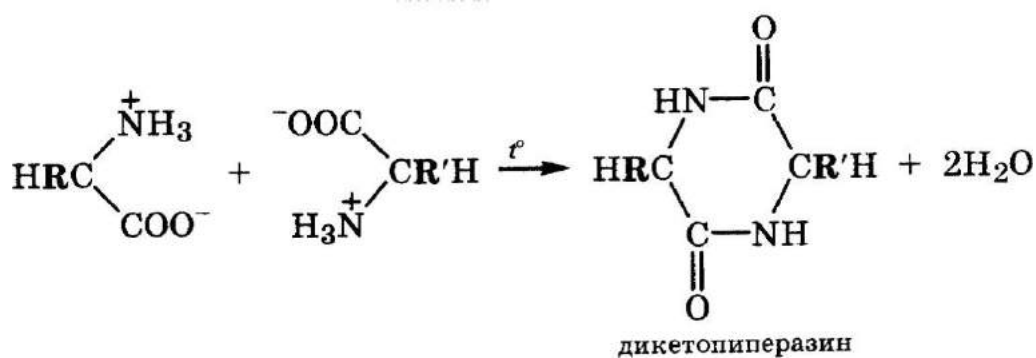
1. Реакции, характерные для  $\alpha$ -расположения функций

а) межмолекулярные взаимодействия

$\alpha$ -гидроксикислоты:

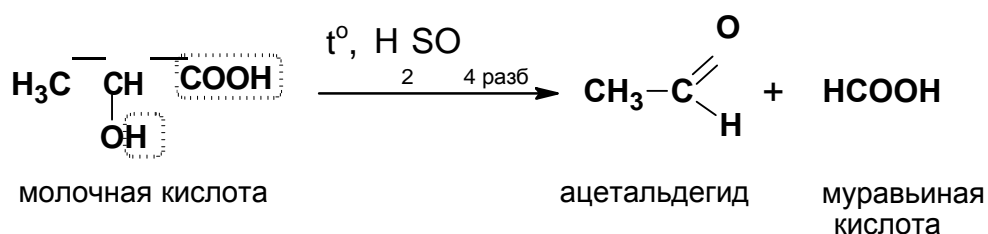


$\alpha$ -аминокислоты:

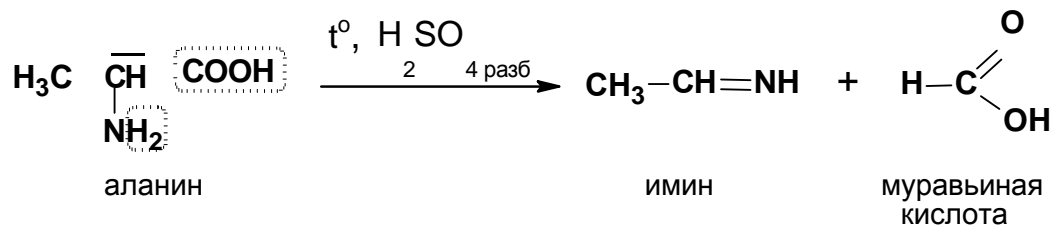


б) расщепление

$\alpha$ -гидроксикислоты:

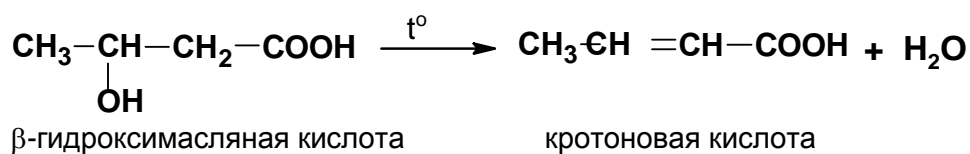


$\alpha$ -аминокислоты:

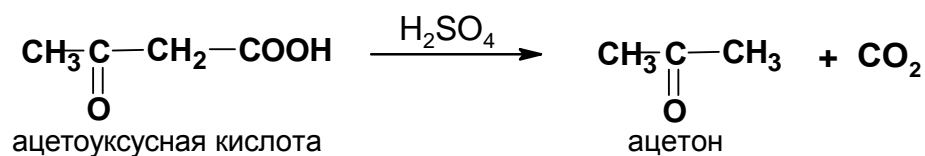


4. Реакции, характерные для  $\beta$ -расположения функций

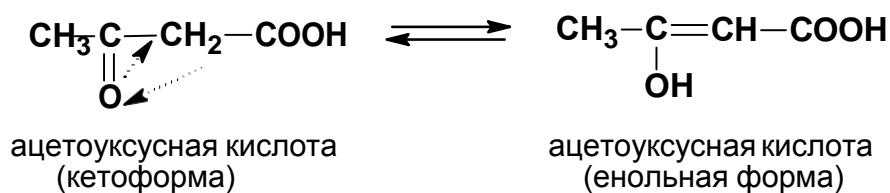
а) дегидратация  $\beta$ -гидроксикислот



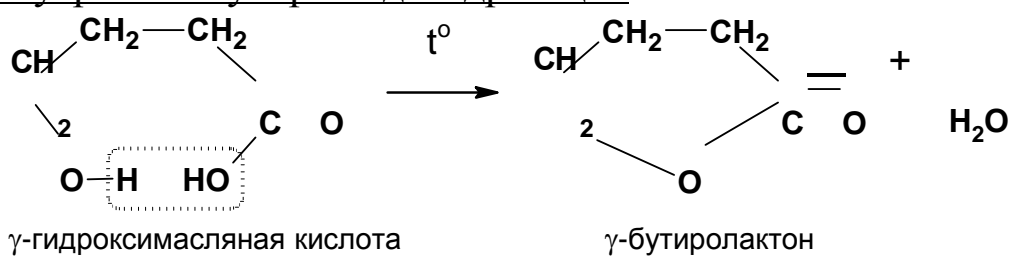
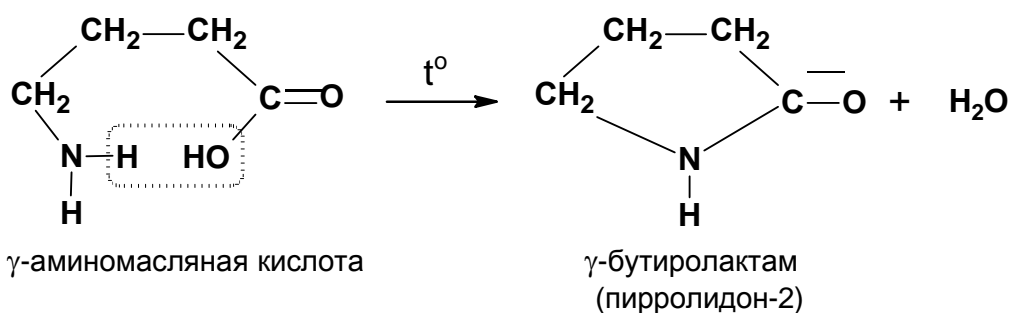
б) декарбоксилирование  $\beta$ -кетокислот





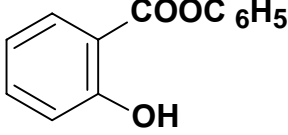
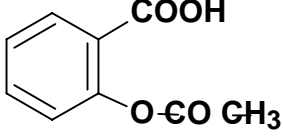
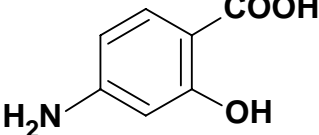
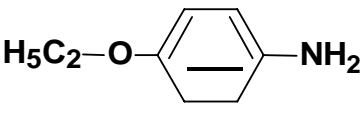
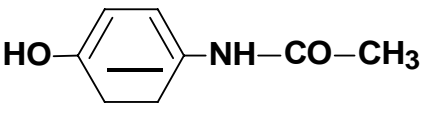
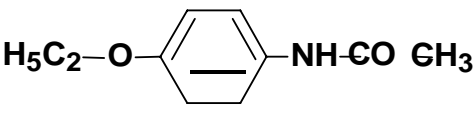
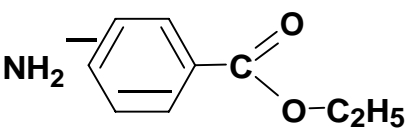
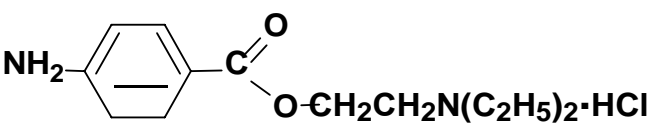
в) кето-енольная таутомерия β-кетокислот

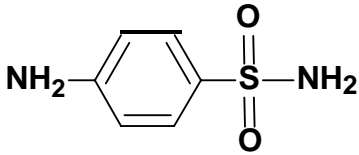
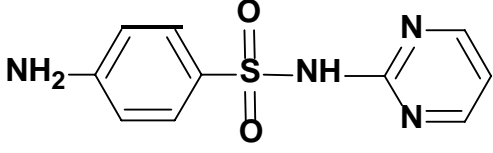
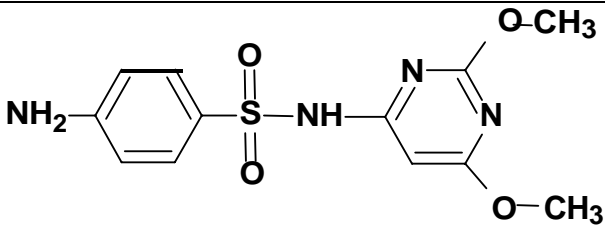
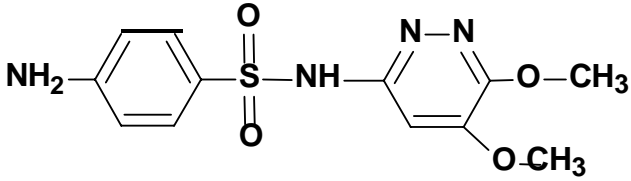
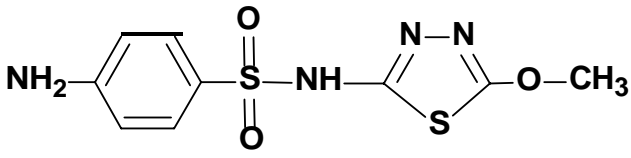
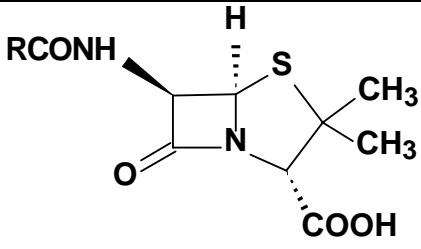
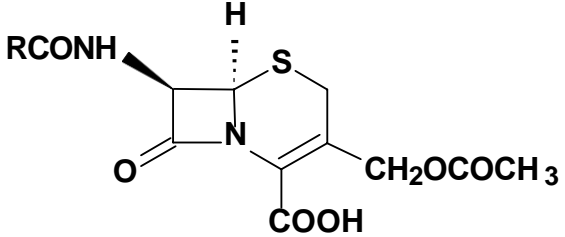
## 5. Реакции, характерные для γ-расположения функций

а) внутримолекулярная дегидратация оксикислотб) внутримолекулярная дегидратация аминокислот

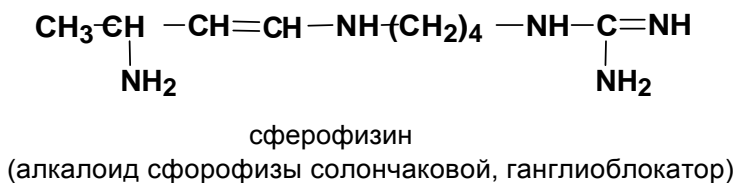
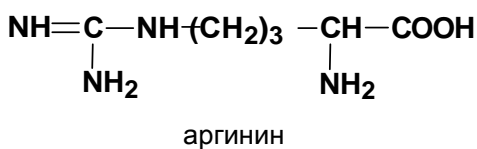
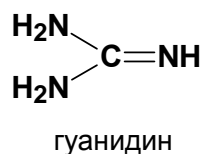
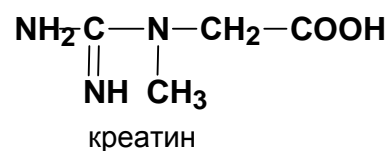
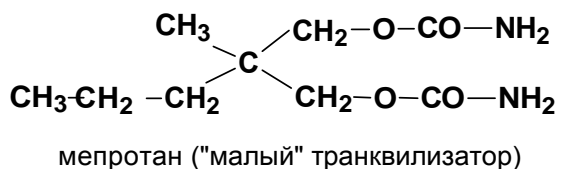
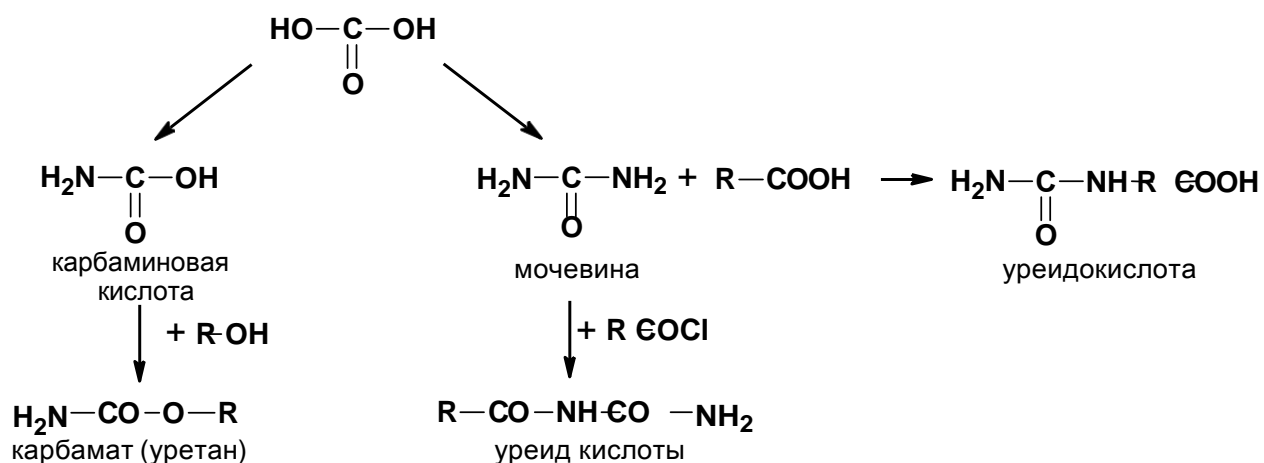
**Таблица 18. Гетерофункциональные соединения – лекарственные препараты**

Формула	Название
<b>Салицилаты</b>	
	салициловая кислота
	метилсалицилат

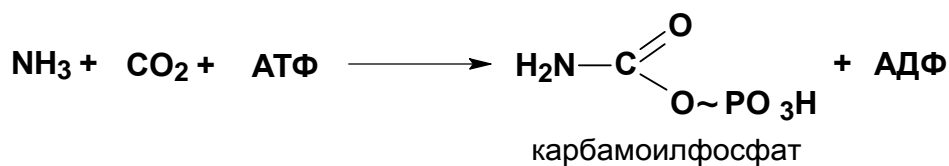
	фенилсалицилат (салол)
	ацетилсалициловая кислота (аспирин)
	<i>n</i> -аминосалициловая (4-амино-2-гидроксибензойная) кислота (ПАСК)
<b>Производные <i>n</i>-аминофенола</b>	
	этиловый эфир <i>n</i> -аминофенола (фенетидин)
	<i>n</i> -ацетаминофенол (парацетамол)
	этиловый эфир <i>n</i> -ацетаминофенола (фенацетин)
<b>Производные <i>n</i>-аминобензойной кислоты (ПАБК)</b>	
	этиловый эфир <i>n</i> -аминобензойной кислоты (анестезин)
	β-диэтиламиноэтиловый эфир <i>n</i> -аминобензойной кислоты (новокаин) гидрохлорид

<b>Производные амидов сульфаниловой кислоты</b>	
	сульфаниламид (стрептоцид)
	сульфазин
	сульфадиметоксин
	сульфапиридазин
	этазол
<b>β-Лактамные антибиотики</b>	
	общая структура пенициллинов
	общая структура цефалоспоринов

## Угловая кислота и её функциональные производные



## Образование карбамоилфосфата



## 6. ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

Схема 6. Классификация гетероциклических соединений

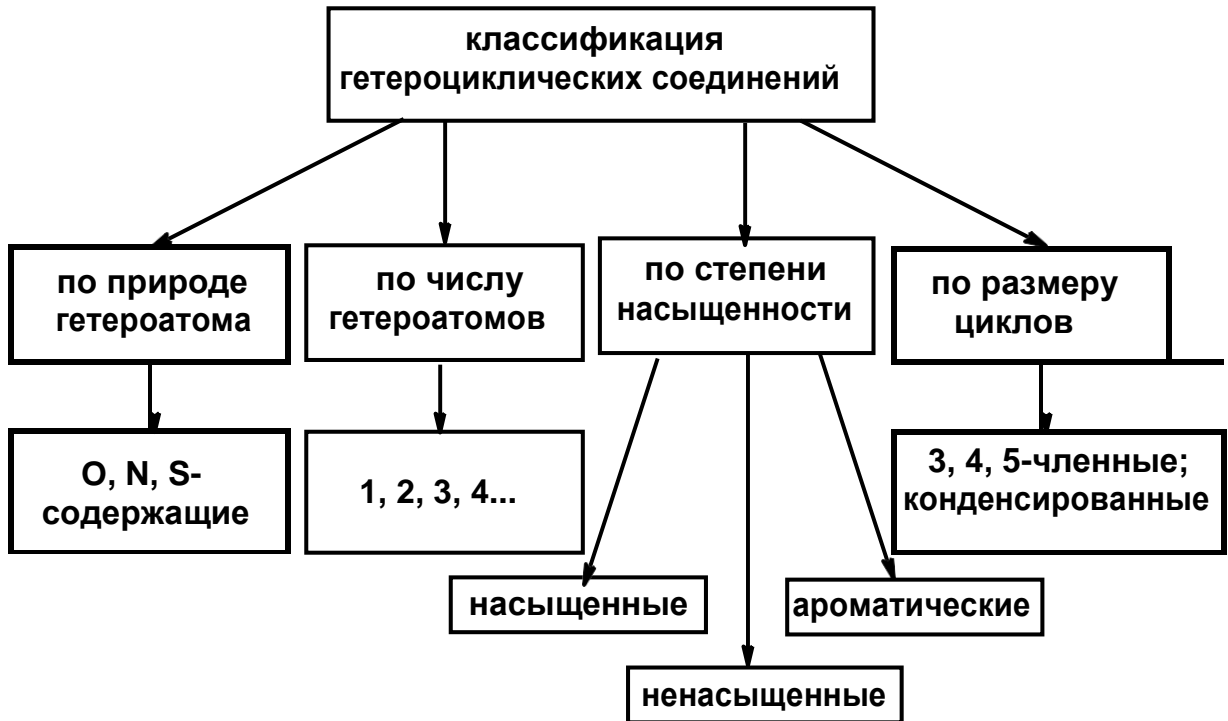
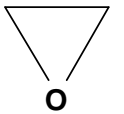
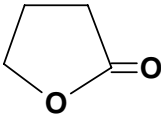
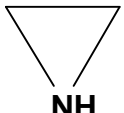
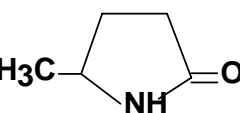
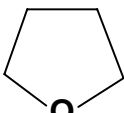
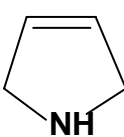
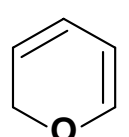
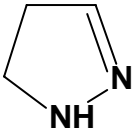
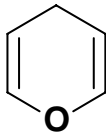
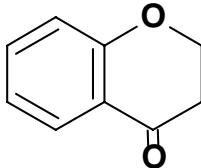
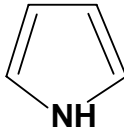
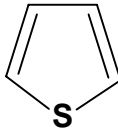
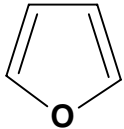
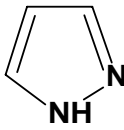
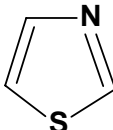
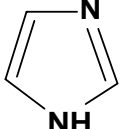
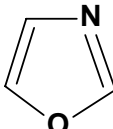
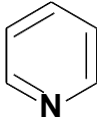
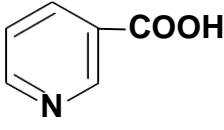
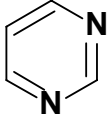
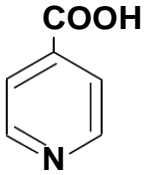
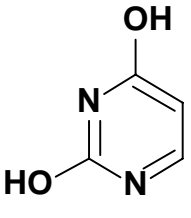
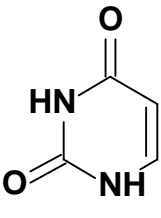
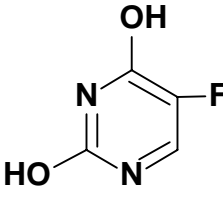
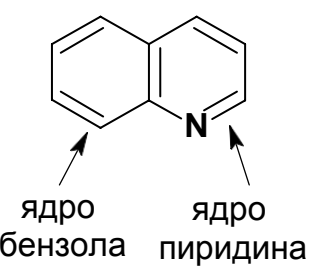
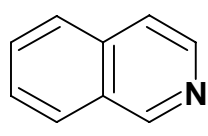
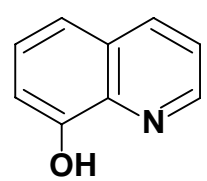
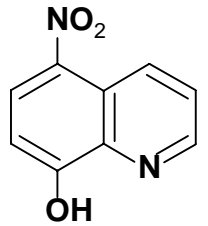
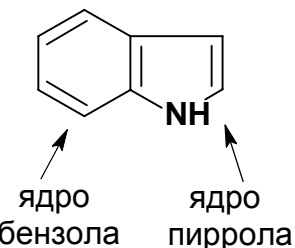
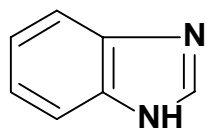
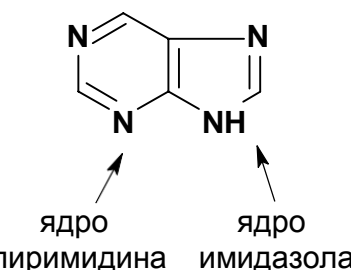
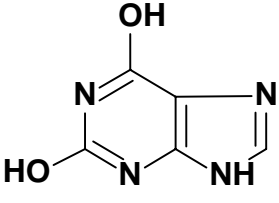
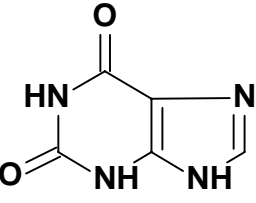
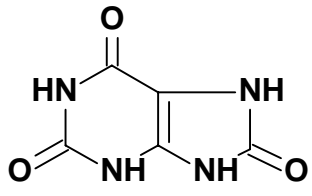
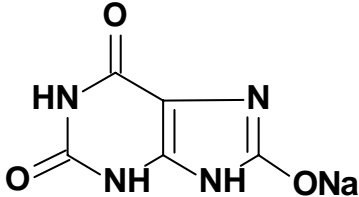
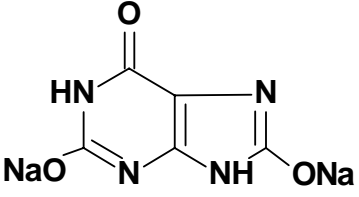
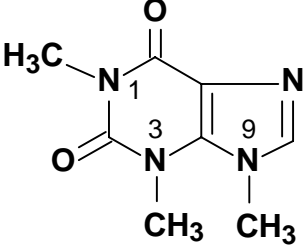
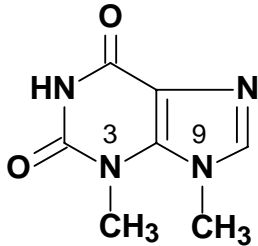
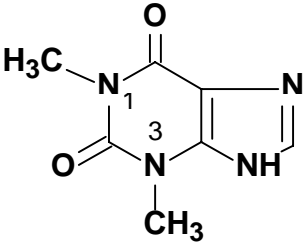


Таблица 19. Гетероциклические соединения

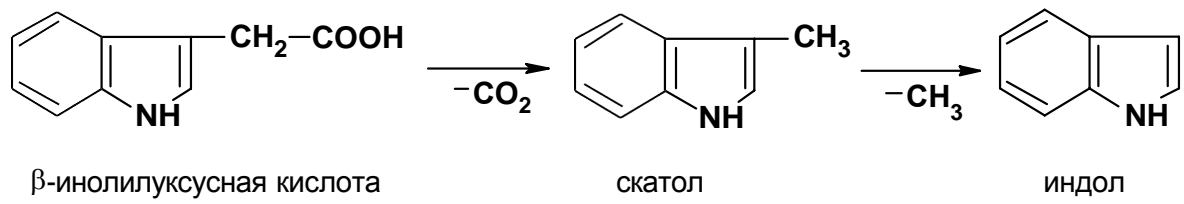
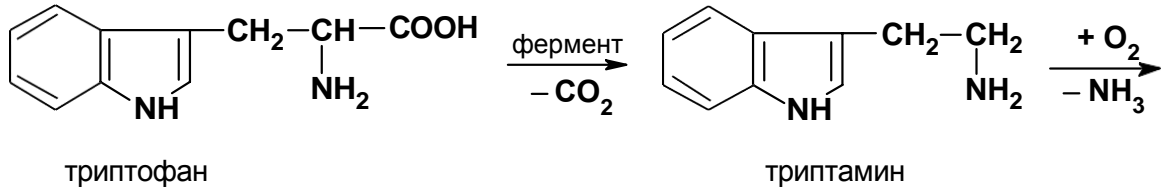
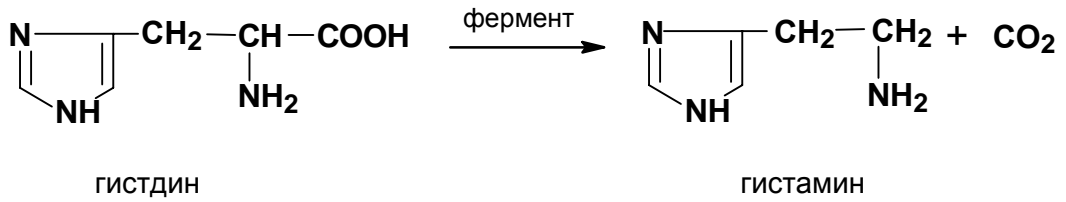
а) насыщенные			
Формула	Название	Формула	Название
	этилен-оксид		γ-бутиро-лактон
	этиленимин		γ-валеро-лактам
	тетрагидро-фуран		
б) ненасыщенные			
	3-пирролин		α-пиран

	пиразолин		β-пиран
			хромон
<b>в) ароматические</b>			
<b>пятичленные с одним гетероатомом</b>			
	пиррол		тиофен
	фуран		
<b>пятичленные с двумя гетероатомами</b>			
	пиразол		тиазол
	имидазол		оксазол
<b>шестичленные</b>			
	пиридин		β-пиридин- карбоновая (никотино- вая) кислота, vit B <sub>5</sub>
	пиримидин		γ-пиридин- карбоновая (изоникоти- новая) кисло- та

	урацил (лактимная форма)		урацил (лактаманная форма)
	5-фтор-урацил		
<b>конденсированные</b>			
 ядро бензола      ядро пиридина	хинолин		изохинолин
	8-окси-хинолин		5-НОК
 ядро бензола      ядро пиррола	индол		бензимидазол
 ядро пиримидина      ядро имидазола	пурин		
	ксантин (лактимная форма)		ксантин (лактаманная форма)

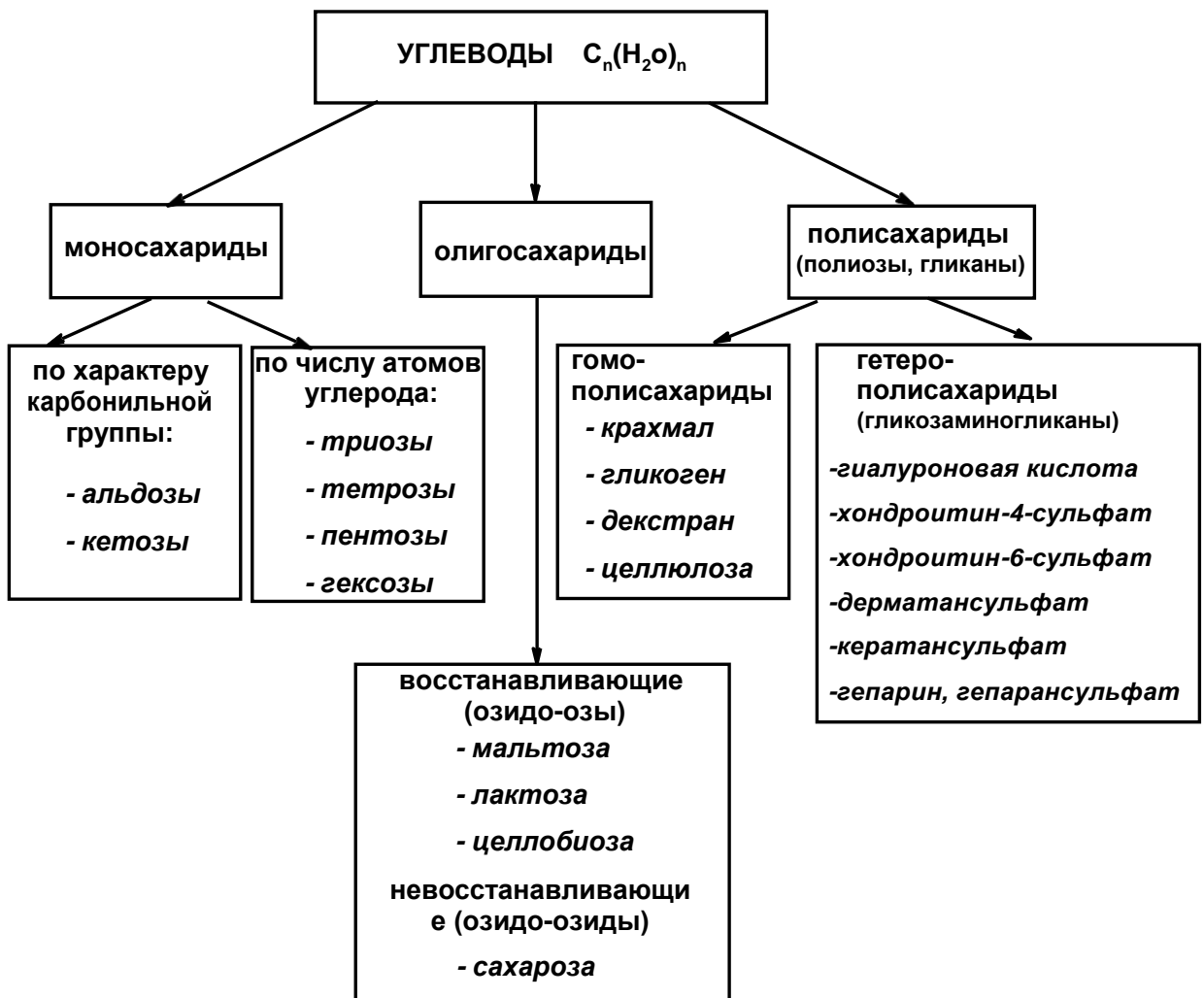
 <p>Chemical structure of uric acid (lactim form), showing a purine ring system with hydroxyl groups at positions 2, 6, and 8, and a lactim group at position 9.</p>	<p>мочевая кислота (лактим- ная форма)</p>	 <p>Chemical structure of uric acid (lactam form), showing a purine ring system with a carbonyl group at position 2, and lactam groups at positions 6 and 8.</p>	<p>мочевая ки- слота (лак- тамная фор- ма)</p>
 <p>Chemical structure of sodium urate (monosubstituted), showing a purine ring system with a carbonyl group at position 2, and a sodium salt group (ONa) at position 9.</p>	<p>кислый урат натрия (соль моче- вой кислоты однозамещённая)</p>		
 <p>Chemical structure of sodium urate (disubstituted), showing a purine ring system with carbonyl groups at positions 2 and 6, and sodium salt groups (ONa) at positions 9 and 8.</p>	<p>средний урат натрия (соль мо- чевой кислоты двузамещённая)</p>		
 <p>Chemical structure of caffeine (1,3,9-trimethylxanthine), showing a purine ring system with carbonyl groups at positions 2 and 6, and methyl groups (CH<sub>3</sub>) at positions 1, 3, and 9.</p>	<p>кофеин – 1,3,9-триметилксантин</p>		
 <p>Chemical structure of theobromine (3,9-dimethylxanthine), showing a purine ring system with carbonyl groups at positions 2 and 6, and methyl groups (CH<sub>3</sub>) at positions 3 and 9.</p>	<p>теобромин – 3,9-диметилксантин</p>		
 <p>Chemical structure of theophylline (1,3-dimethylxanthine), showing a purine ring system with carbonyl groups at positions 2 and 6, and methyl groups (CH<sub>3</sub>) at positions 1 and 3.</p>	<p>теофиллин – 1,3-диметилксантин</p>		





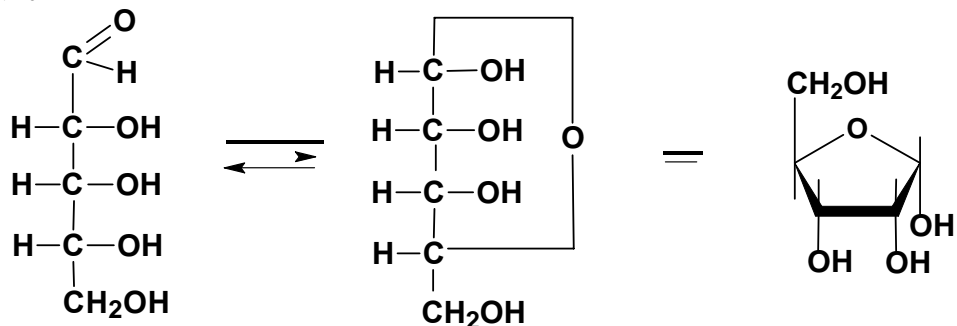
## 7. УГЛЕВОДЫ

### Схема 7. Классификация углеводов



### Кольчато-цепная (цикло-оксо-) таутомерия

а) у альдоз



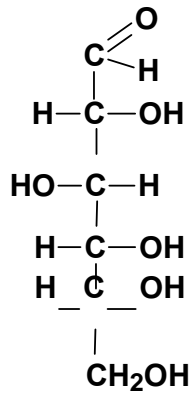
D-рибоза

$\alpha$ -D-рибофураноза

проекция Фишера

формула Хеурса

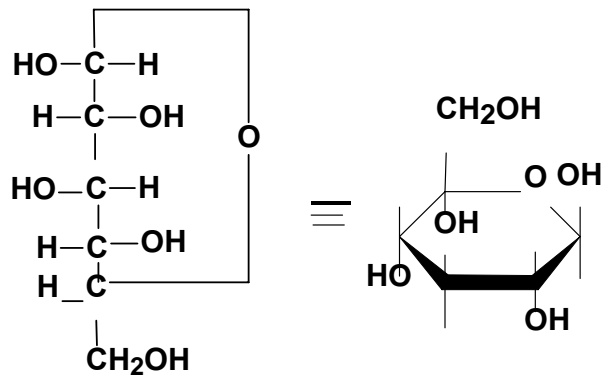
открытая форма



D-глюкоза

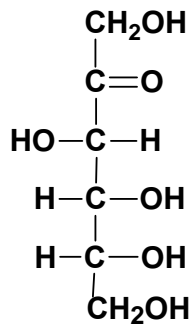
*проекции Фишера*

циклическая форма

 $\beta$ -D-глюкопираноза*формула Хеурса*

б) у кетоз

открытая форма



D-фруктоза

*проекции Фишера*

циклическая форма

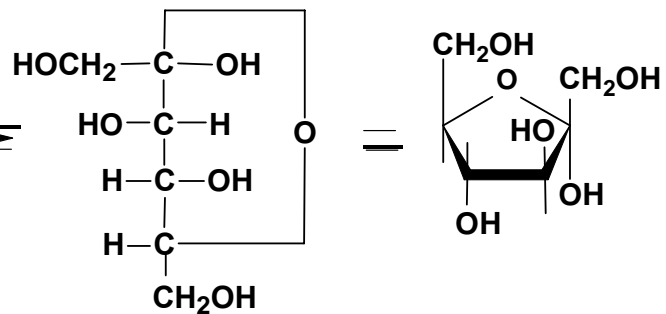
 $\alpha$ -D-фруктофураноза*формула Хеурса*

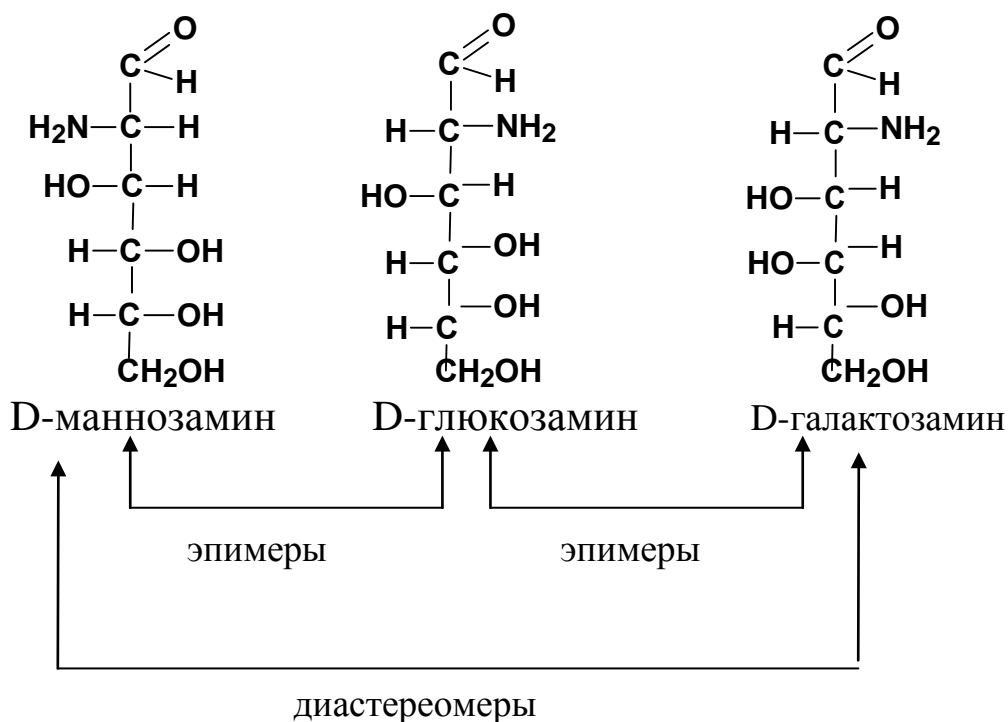
Таблица 20. Важнейшие моносахариды

а) триозы			
формула	название	формула	название
$  \begin{array}{c}  \text{O} \\  \parallel \\  \text{C} \\  \diagdown \\  \text{H} \\    \\  \text{H}-\text{C}^*-\text{OH} \\    \\  \text{CH}_2\text{OH}  \end{array}  $	D-глицериновый альдегид	$  \begin{array}{c}  \text{O} \\  \parallel \\  \text{C} \\  \diagdown \\  \text{H} \\    \\  \text{HO}-\text{C}^*-\text{H} \\    \\  \text{CH}_2\text{OH}  \end{array}  $	L-глицериновый альдегид
б) тетразы			
$  \begin{array}{c}  \text{O} \\  \parallel \\  \text{C} \\  \diagdown \\  \text{H} \\    \\  \text{H}-\text{C}^*-\text{OH} \\    \\  \text{H}-\text{C}^*-\text{OH} \\    \\  \text{CH}_2\text{OH}  \end{array}  $	D-эритроза	$  \begin{array}{c}  \text{O} \\  \parallel \\  \text{C} \\  \diagdown \\  \text{H} \\    \\  \text{HO}-\text{C}^*-\text{H} \\    \\  \text{H}-\text{C}^*-\text{OH} \\    \\  \text{CH}_2\text{OH}  \end{array}  $	D-треоза
в) пентозы			
$  \begin{array}{c}  \text{O} \\  \parallel \\  \text{C} \\  \diagdown \\  \text{H} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{CH}_2\text{OH}  \end{array}  $	D-рибоза	$  \begin{array}{c}  \text{O} \\  \parallel \\  \text{C} \\  \diagdown \\  \text{H} \\    \\  \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{CH}_2\text{OH}  \end{array}  $	D-арабиноза
$  \begin{array}{c}  \text{O} \\  \parallel \\  \text{C} \\  \diagdown \\  \text{H} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{CH}_2\text{OH}  \end{array}  $	D-ксилоза	$  \begin{array}{c}  \text{O} \\  \parallel \\  \text{C} \\  \diagdown \\  \text{H} \\    \\  \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{CH}_2\text{OH}  \end{array}  $	D-ликсоза

$  \begin{array}{c}  \text{CH}_2\text{OH} \\    \\  \text{C}=\text{O} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{CH}_2\text{OH}  \end{array}  $	D-рибулоза	$  \begin{array}{c}  \text{CH}_2\text{OH} \\    \\  \text{C}=\text{O} \\    \\  \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{CH}_2\text{OH}  \end{array}  $	D-ксилулоза
г) гексозы			
$  \begin{array}{c}  \text{O} \\  // \\  \text{C} \\  \backslash \\  \text{H} \\    \\  \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{CH}_2\text{OH}  \end{array}  $	$  \begin{array}{c}  \text{O} \\  // \\  \text{C} \\  \backslash \\  \text{H} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{CH}_2\text{OH}  \end{array}  $	$  \begin{array}{c}  \text{O} \\  // \\  \text{C} \\  \backslash \\  \text{H} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{CH}_2\text{OH}  \end{array}  $	$  \begin{array}{c}  \text{CH}_2\text{OH} \\    \\  \text{C}=\text{O} \\    \\  \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{CH}_2\text{OH}  \end{array}  $
D-манноза	D-глюкоза	D-галактоза	D-фруктоза
↑ эпимеры		↑ эпимеры	
↑ диастереомеры			
дезоксимоносахариды			
$  \begin{array}{c}  \text{O} \\  // \\  \text{C} \\  \backslash \\  \text{H} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{CH}_2\text{OH}  \end{array}  $	2-дезоксид-рибоза	$  \begin{array}{c}  \text{O} \\  // \\  \text{C} \\  \backslash \\  \text{H} \\    \\  \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{CH}_3  \end{array}  $	L-рибоза

## Производные моносахаридов

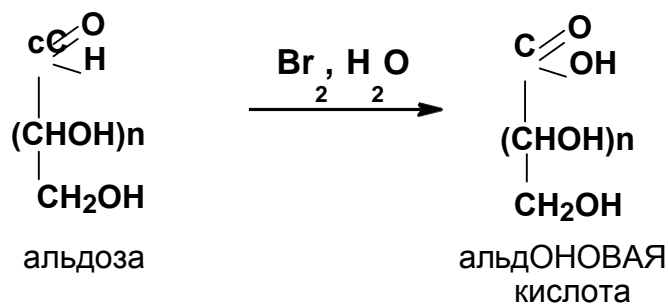
### Аминосахара



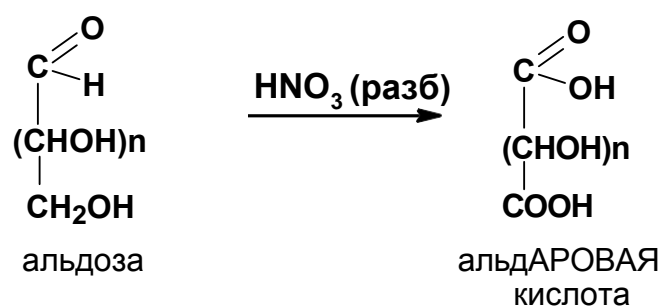
## Химические свойства моносахаридов

### 1. Окисление в нейтральной и кислой средах

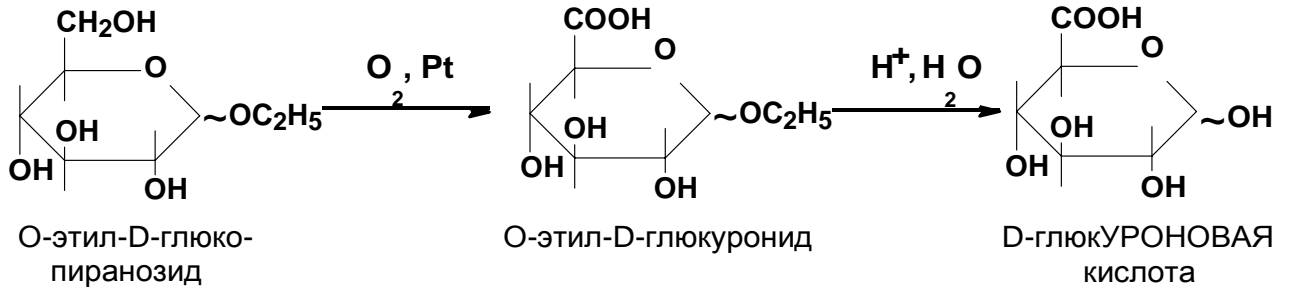
а)



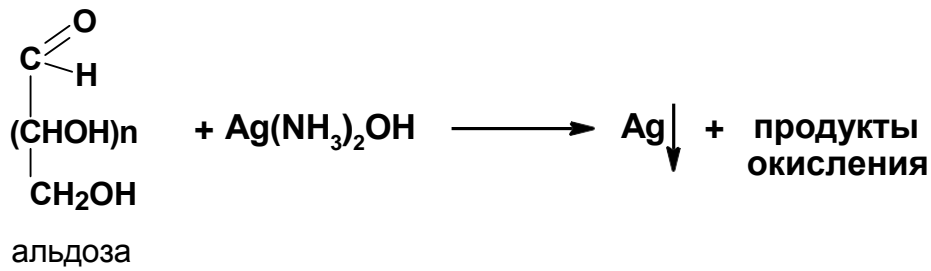
б)



в) с защитой альдегидной группы

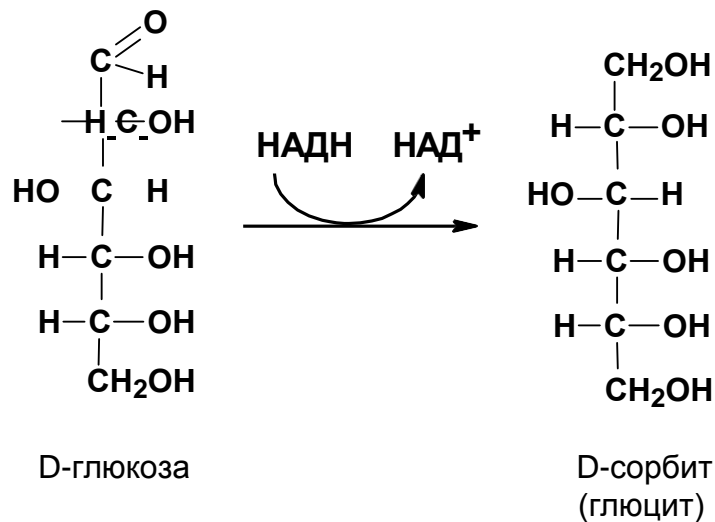
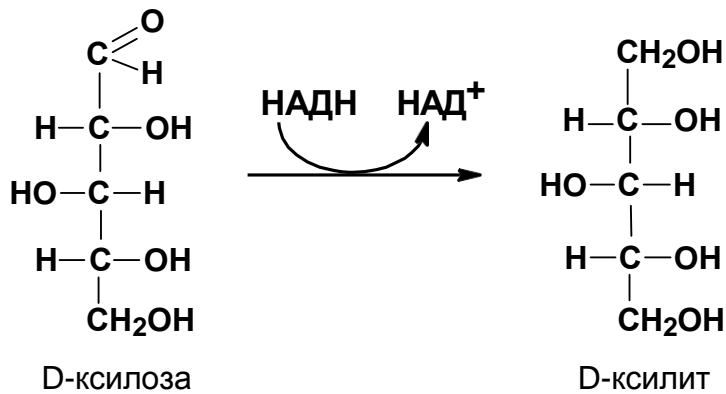


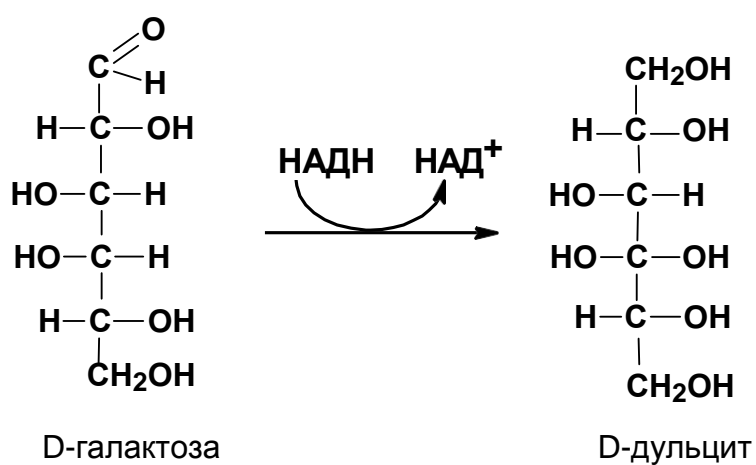
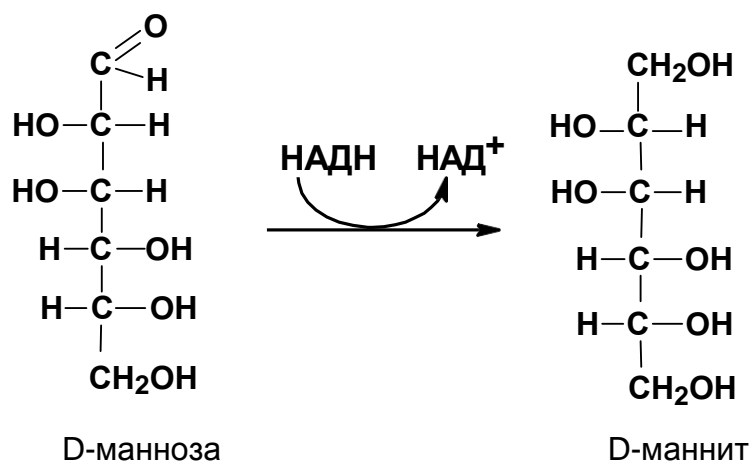
## 2. окисление в щелочной среде



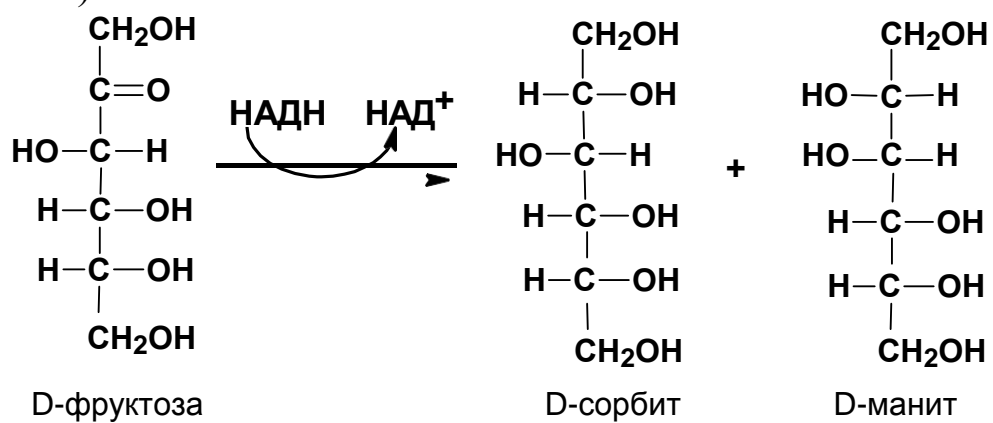
## 3. Восстановление

### а) восстановление альдоз



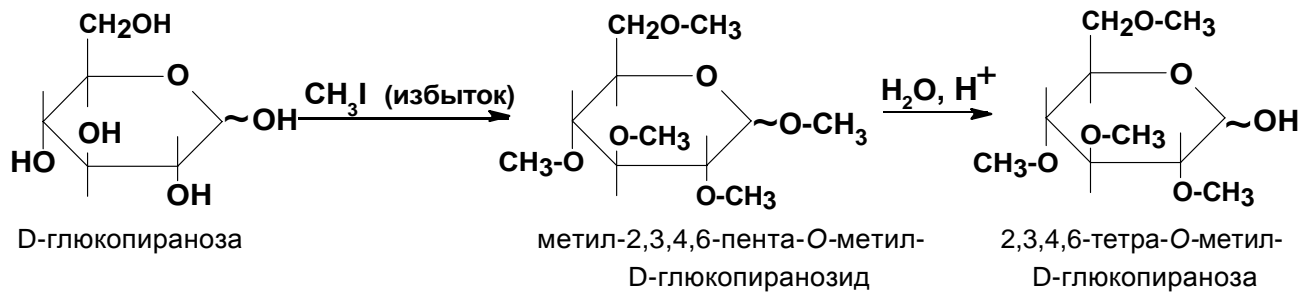


б) восстановление кетоз

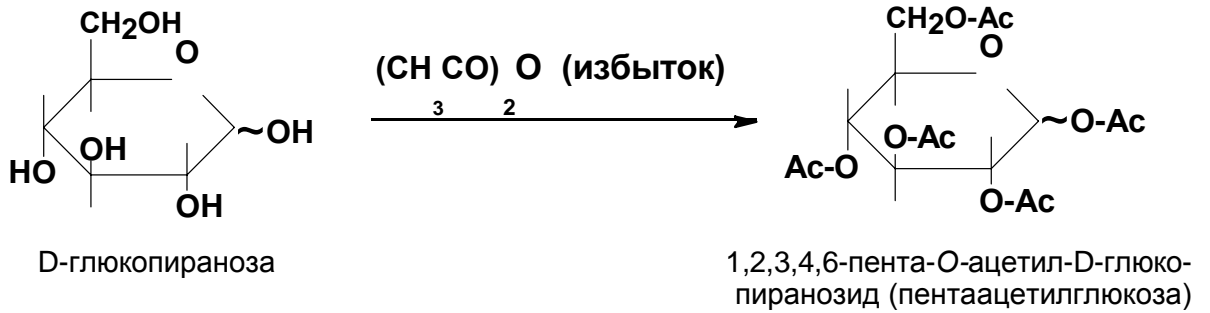


4. образование простых эфиров

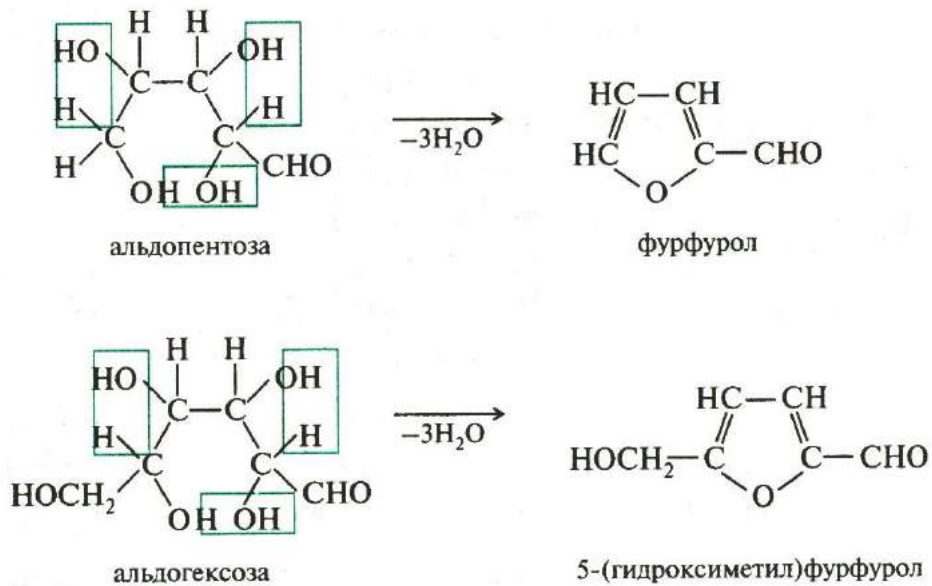




### 5. образование сложных эфиров

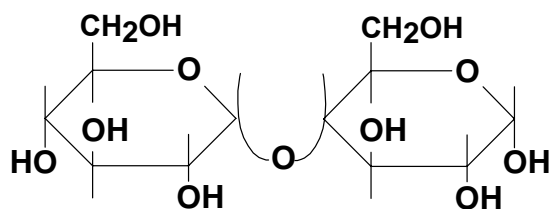


### 6. дегидратация



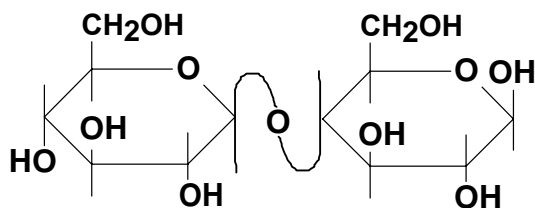
## Дисахариды

### а) восстанавливающие (озидо-озы)



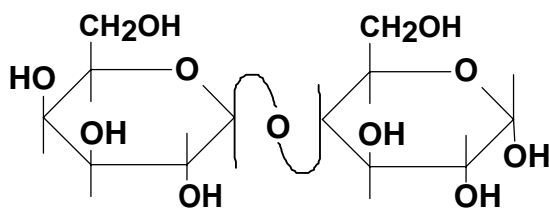
мальтоза

( $\alpha$ -D-глюкопиранозил-(1 $\rightarrow$ 4)- $\alpha$ -D-глюкопираноза)



целлобиоза

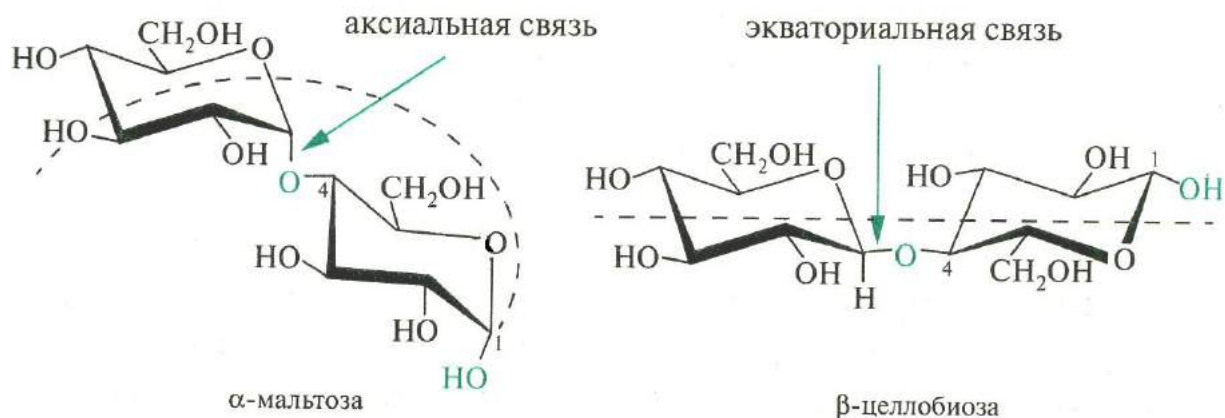
( $\beta$ -D-глюкопиранозил-(1 $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -D-глюкопираноза)



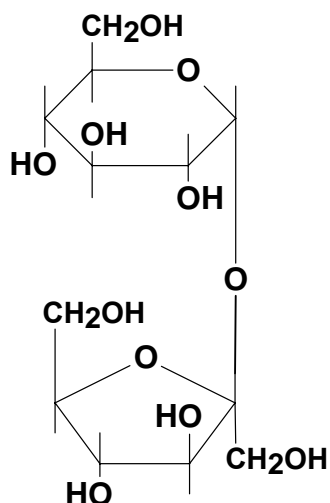
лактоза

( $\beta$ -D-галактопиранозил-(1 $\rightarrow$ 4)- $\alpha$ -D-глюкопираноза)

### Конфигурация $\alpha$ - и $\beta$ -гликозидных связей



б) невозстанавливающие (озидо-озиды)



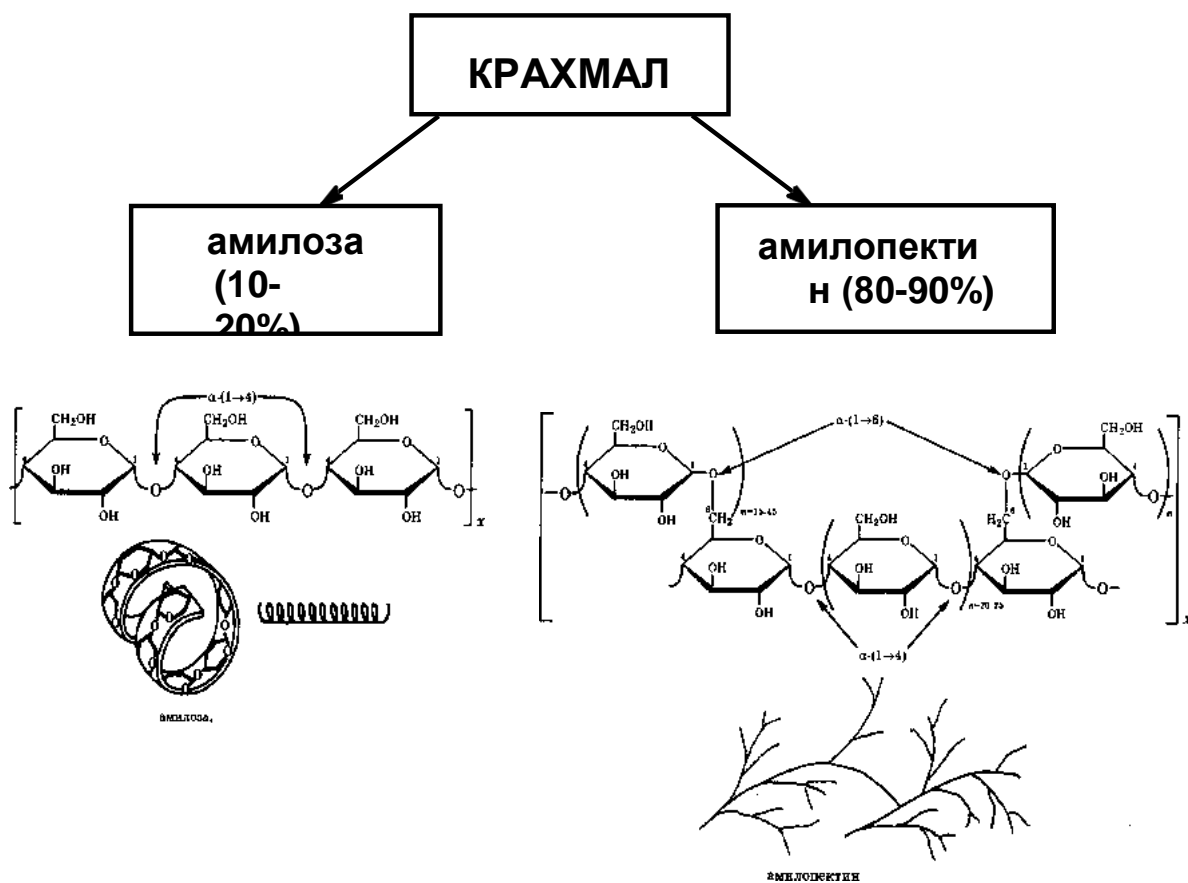
сахароза

( $\alpha$ -D-глюкопиранозил-(1 $\rightarrow$ 2)- $\beta$ -D-фруктофуранозид)

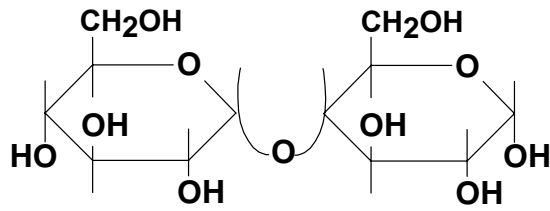
## ПОЛИСАХАРИДЫ

### Гомополисахариды

#### Схема 8. Структура крахмала

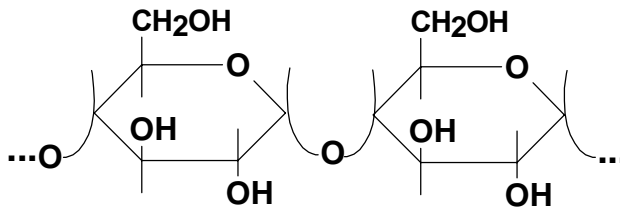


Биозный фрагмент крахмала:

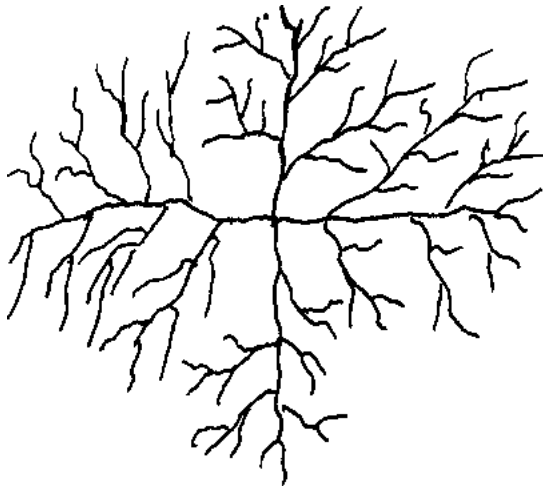


мальтоза

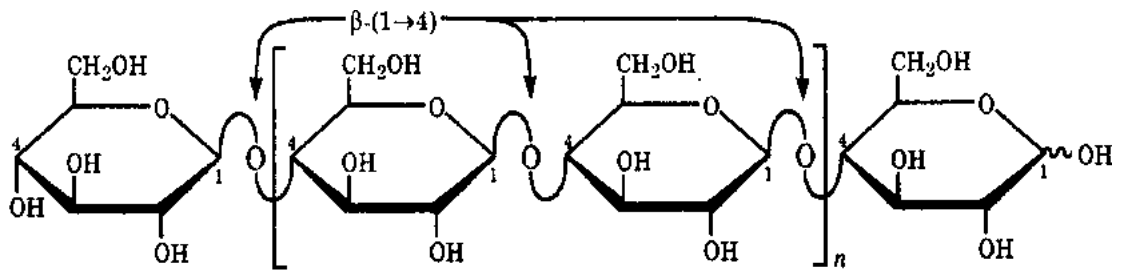
( $\alpha$ -D-глюкопиранозил-(1 $\rightarrow$ 4)- $\alpha$ -D-глюкопираноза)



Гликоген

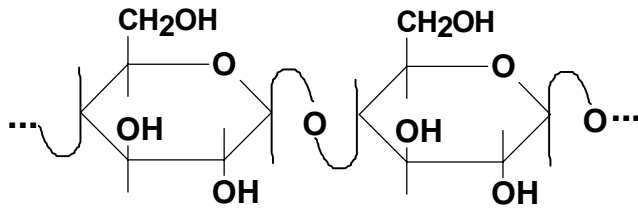


Целлюлоза



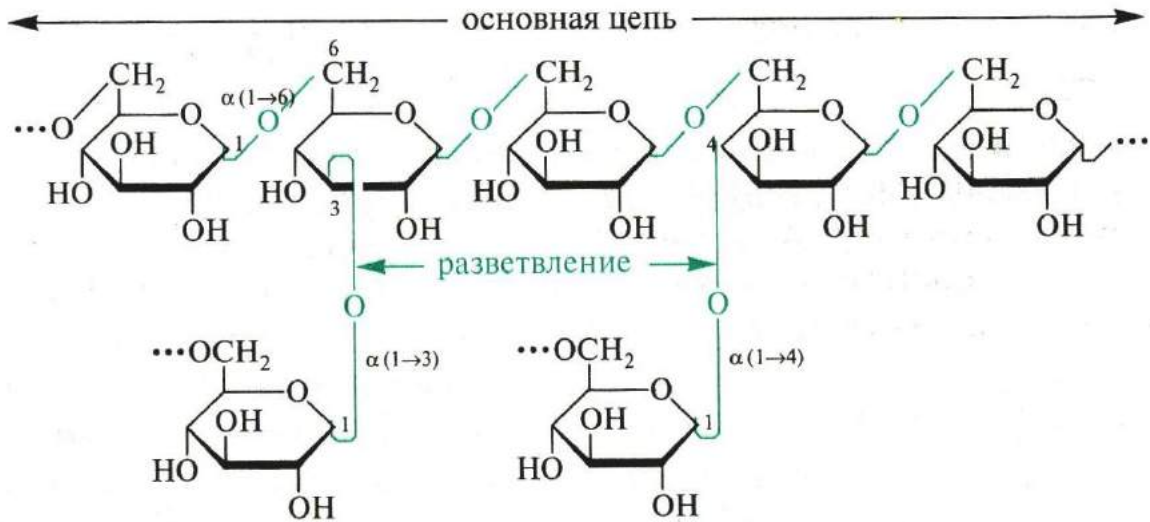
целлюлоза,  $n = 500-12\ 000$

?



Биозный фрагмент – целлобиоза

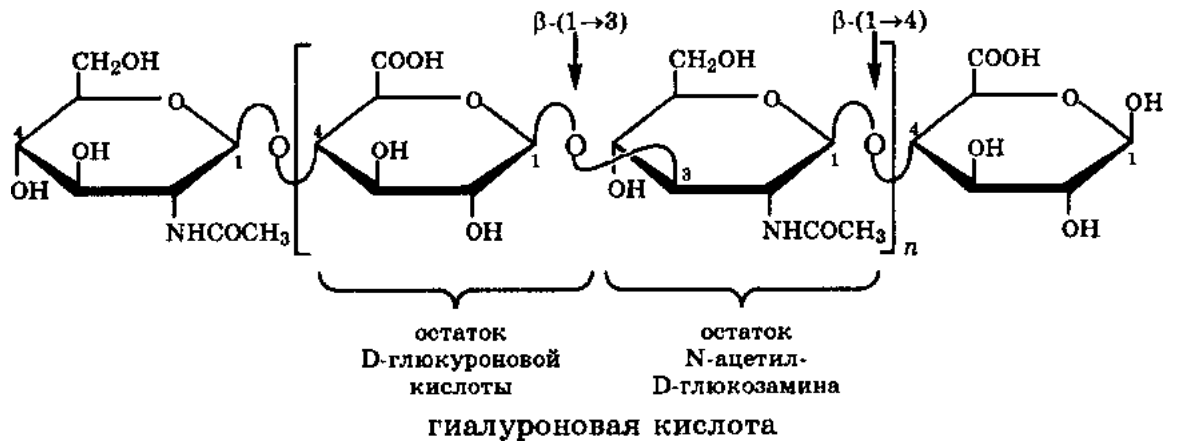
## Декстран



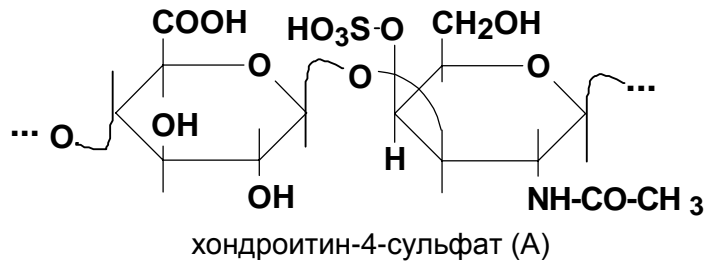
## Гетерополисахариды

Биозные фрагменты гликозаминогликанов:

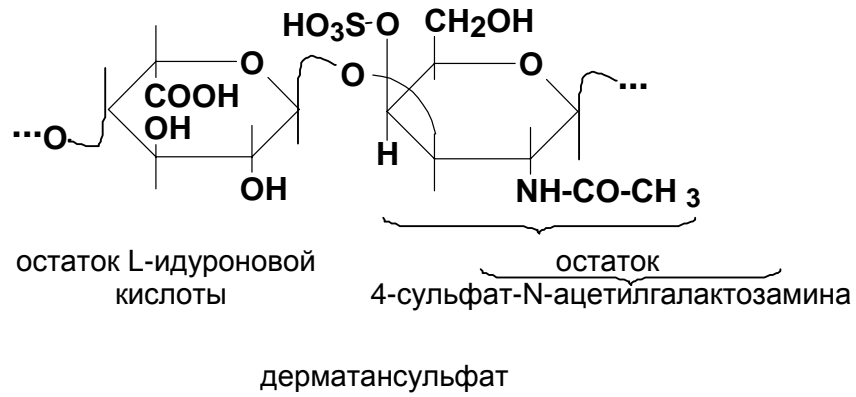
### 1. Гиалуроновая кислота



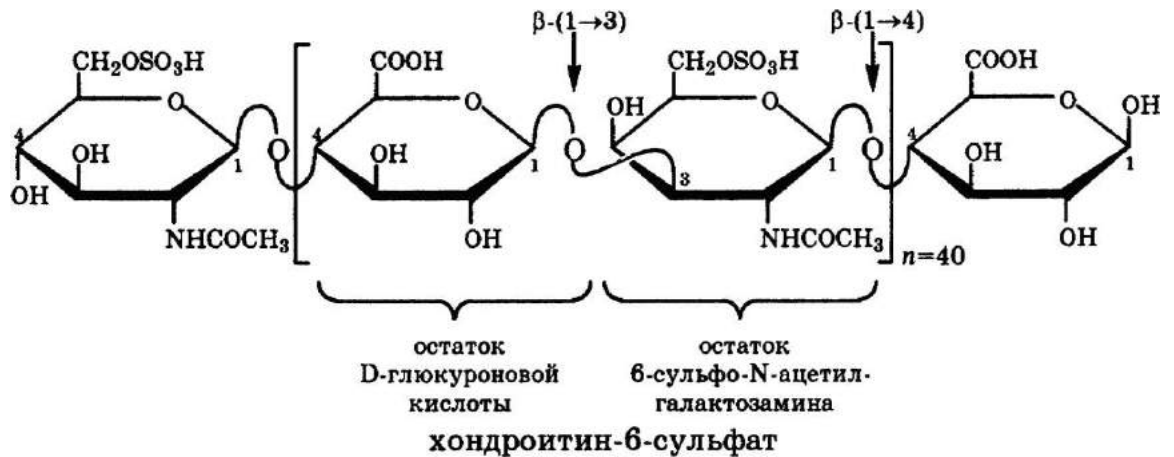
### 2. Хондроитин-4-сульфат (хондроитин-сульфат А)



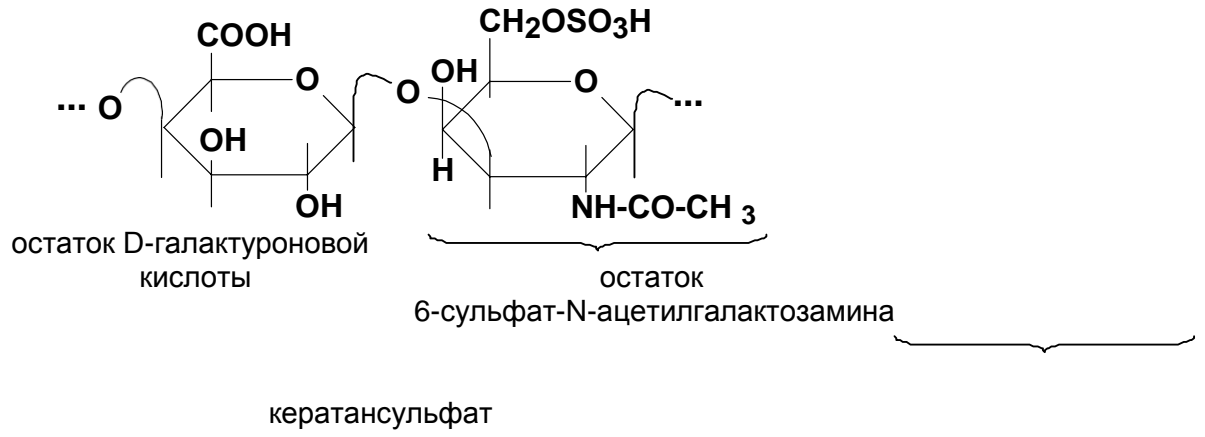
### 3. Дерматансульфат (хондроитин-сульфат В)



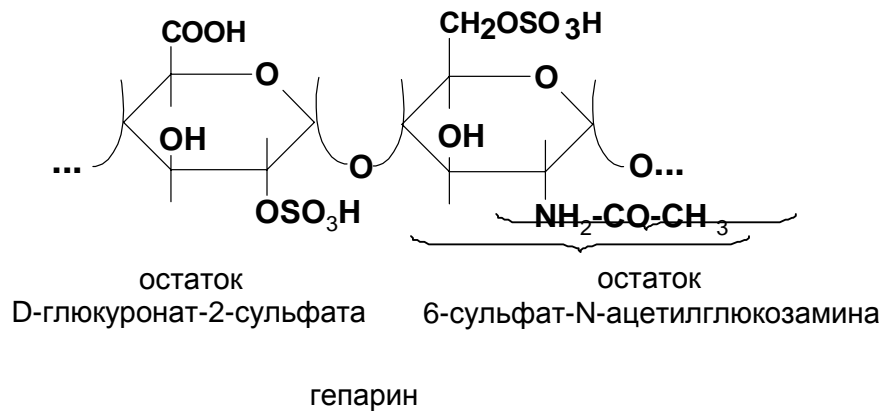
### 4. Хондроитин-6-сульфат (хондроитин-сульфат С)



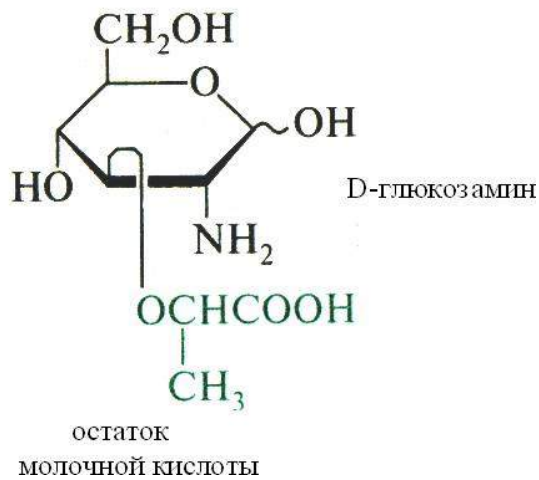
### 5. Кератансульфат



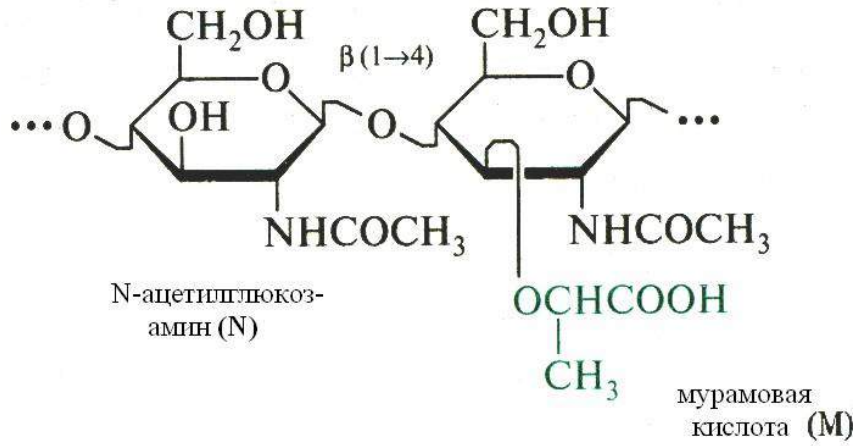
## 6. Гепарин



## Мурамовая кислота

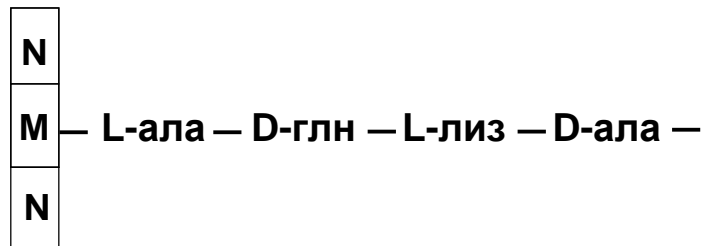


## Мурамин

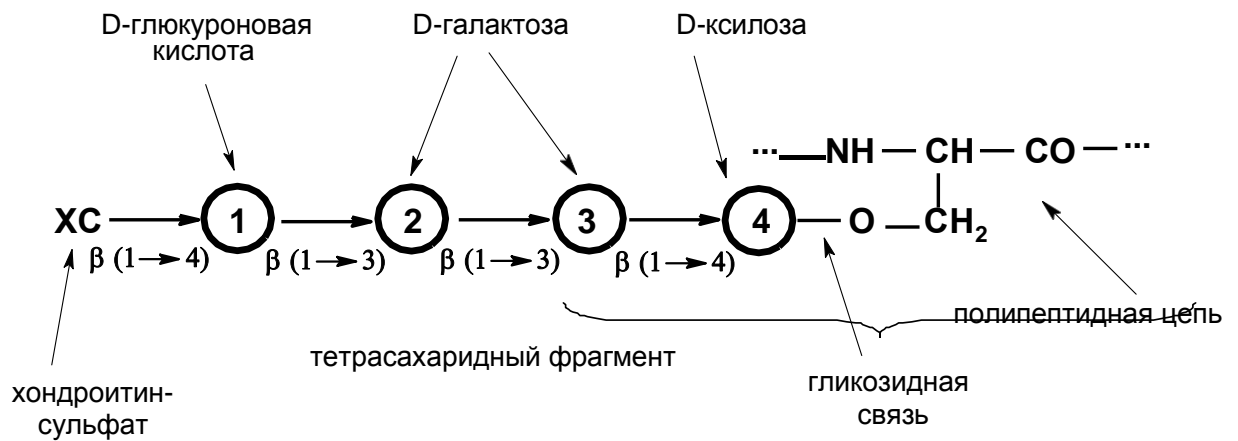


## Пептидогликаны

### Муреин



## Протеогликаны





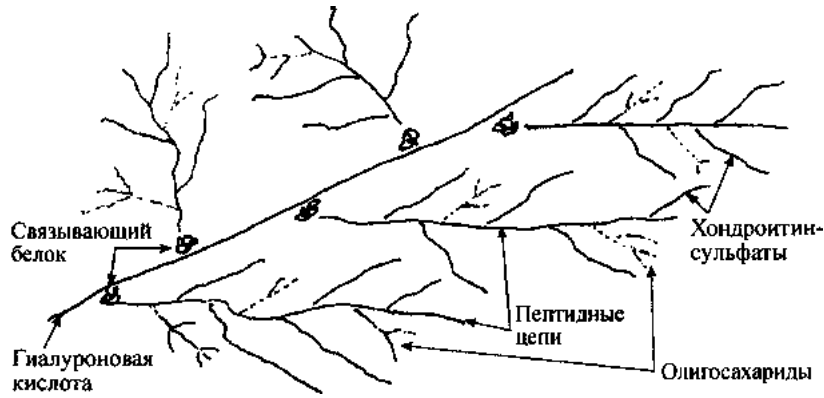
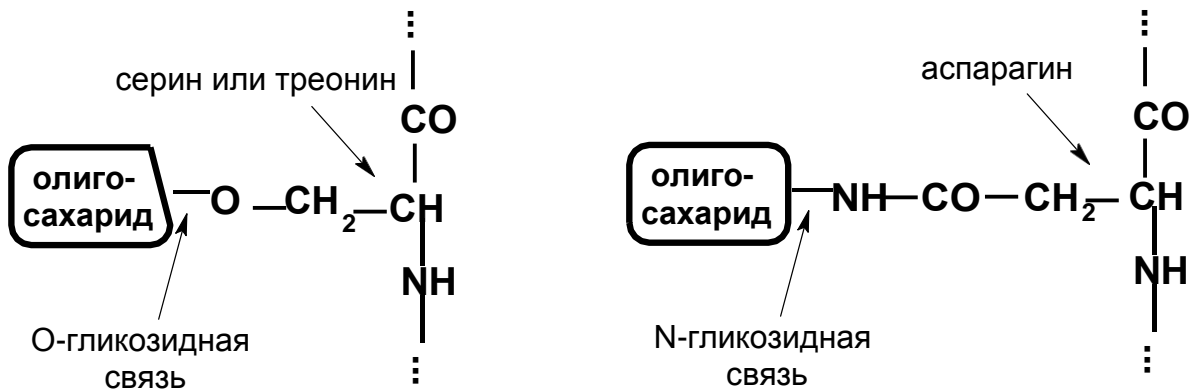


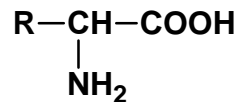
Рис. 12. Надмолекулярная структура хрящевой ткани

**Гликопротеины** – белки, содержащие ковалентно связанные углеводы (моносахара или короткие олигосахариды – от <1 до 30%). Связь с углеводным фрагментом осуществляется через остаток серина, треонина или аспарагина.



## 8. АМИНОКИСЛОТЫ

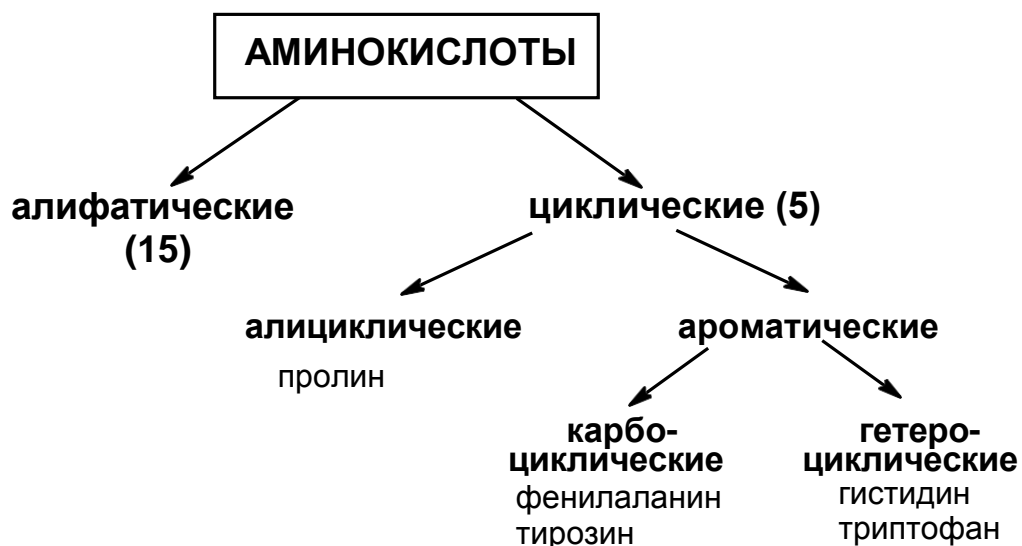
**Аминокислотами** называются гетерофункциональные соединения, общая формула которых



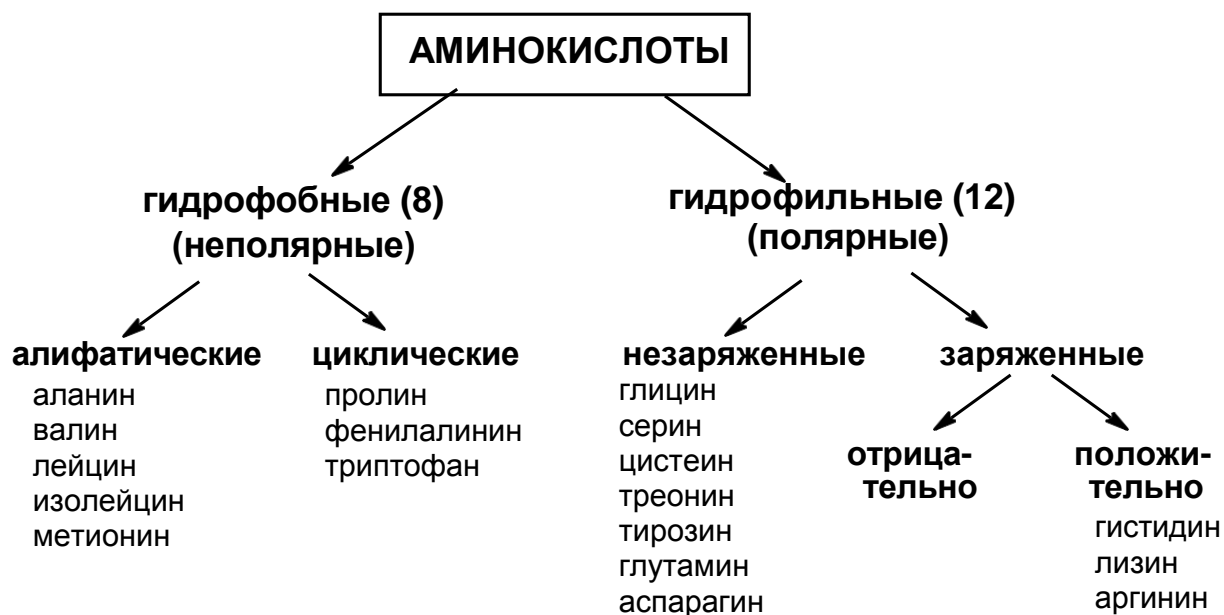
**Классификации аминокислот:**

### I. Химическая

1) по природе радикала:



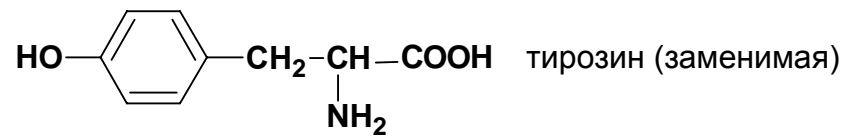
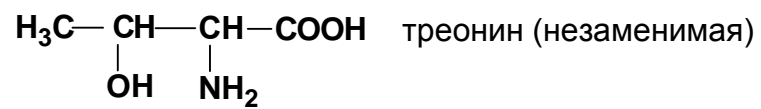
2) по характеру радикала



3) по соотношению  $-\text{NH}_2/-\text{COOH}$  групп

Характер	$-\text{NH}_2/-\text{COOH}$	Аминокислоты
кислый	1 : 2	аспарагиновая кислота глутаминовая кислота
основный	2 : 1	лизин аргинин гистидин
нейтральный	1 : 1	все остальные

4) HO–содержащие:



5) S–содержащие:

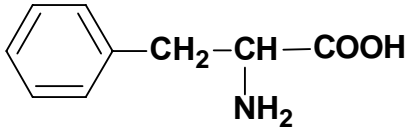
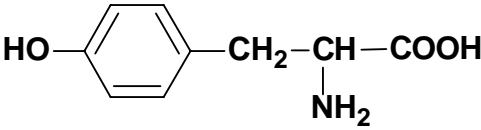


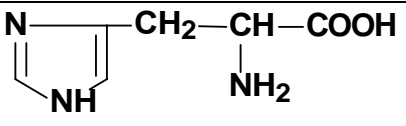
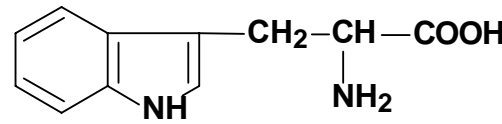
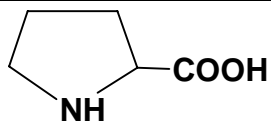
## II. Биологическая



**Таблица 21. Структура важнейших α-аминокислот**

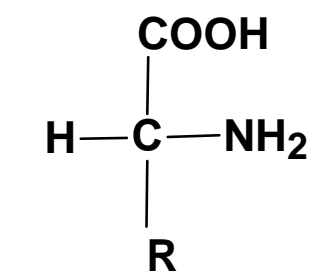
Формула	Название	Сокращенное обозначение
$\begin{array}{c} \text{H}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	глицин	гли
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	аланин	ала
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \quad   \\ \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}$	валин*	вал
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\   \quad \quad   \\ \text{CH}_3 \quad \quad \text{NH}_2 \end{array}$	лейцин*	лей
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \quad   \quad   \\ \quad \quad \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}$	изолейцин*	иле

	фенилаланин*	фен
$\text{HO}-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$	серин	сер
$\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$	треонин*	тре
	тирозин	тир
$\text{HOOC}-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$	аспарагиновая кислота	асп
$\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$	глутаминовая кислота	глу
$\text{H}_2\text{N}-\text{CO}-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$	аспарагин	асн
$\text{H}_2\text{N}-\text{CO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$	глутамин	глин
$\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_4-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$	лизин*	лиз
$\text{NH}=\underset{\text{NH}_2}{\text{C}}-\text{NH}-(\text{CH}_2)_3-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$	аргинин	арг
$\text{HS}-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$	цистеин	цис

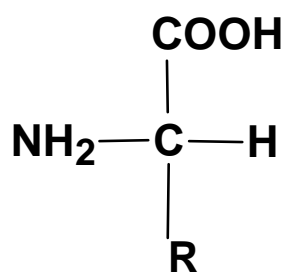
$\text{H}_3\text{C}-\text{S}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$	метионин*	мет
	гистидин	гис
	триптофан*	три
	пролин	про

\* – незаменимые аминокислоты

### Стереизомерия



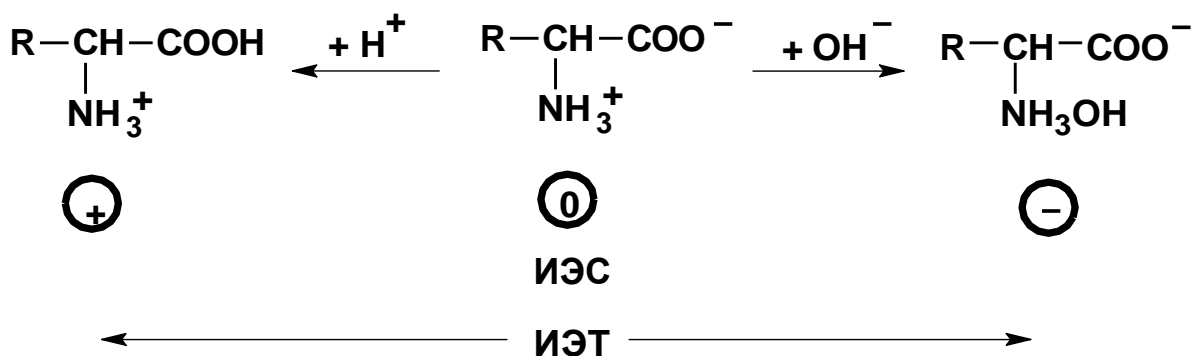
D-изомер  
аминокислоты



L-изомер  
аминокислоты

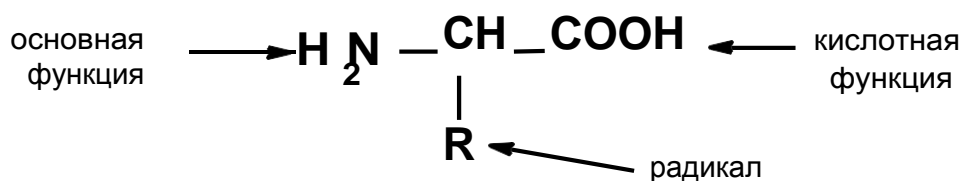
### Физические свойства аминокислот

Заряд аминокислот зависит от характера аминокислоты и pH среды:



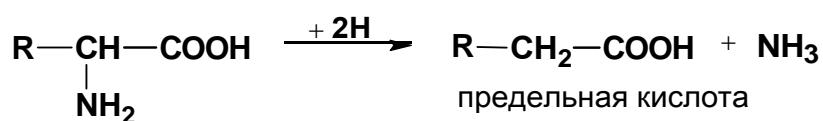
## Химические свойства аминокислот

### Реакционные центры

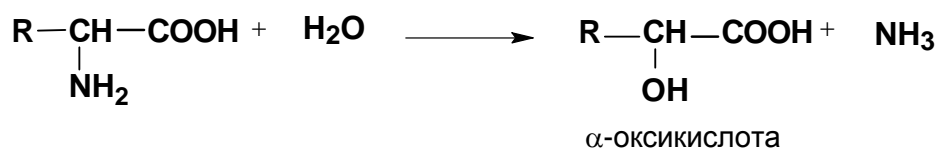


#### 1. Дезаминирование:

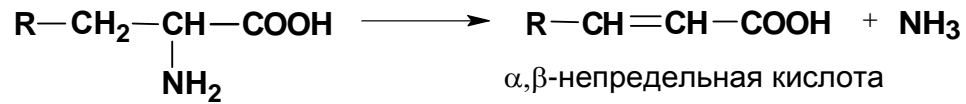
##### 1) восстановительное дезаминирование



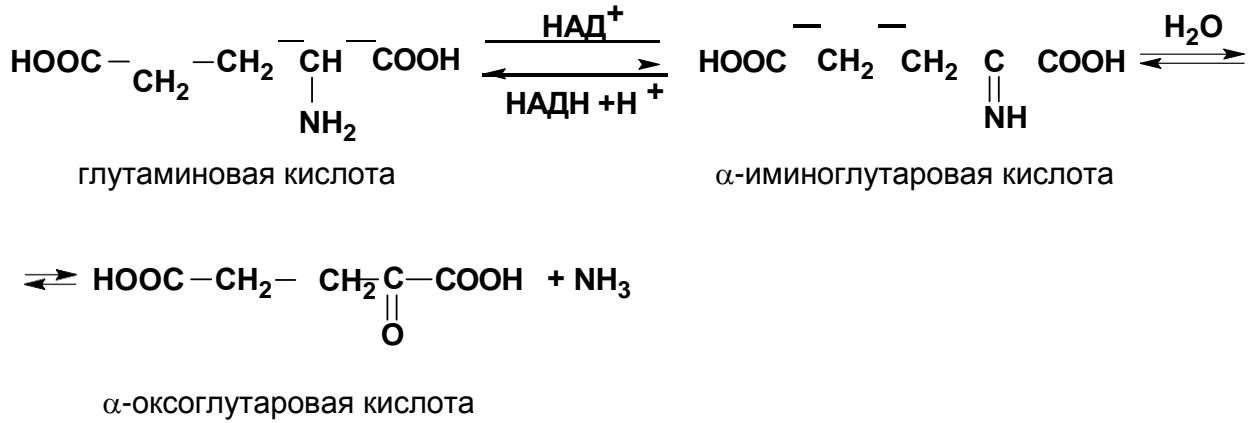
##### 2) гидролитическое дезаминирование



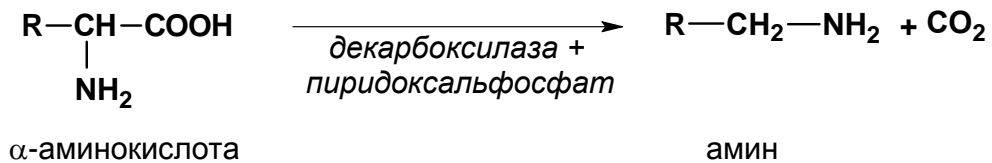
##### 3) внутримолекулярное дезаминирование



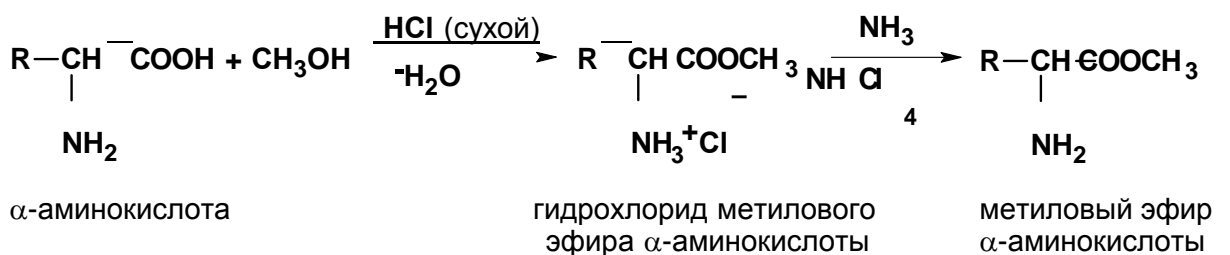
## 4) окислительное дезаминирование



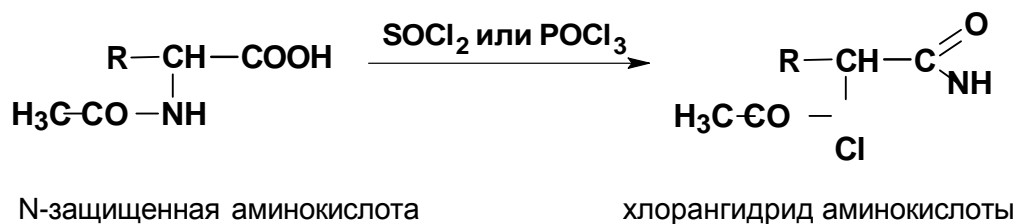
## 2. Декарбоксилирование



## 3. Образование эфиров

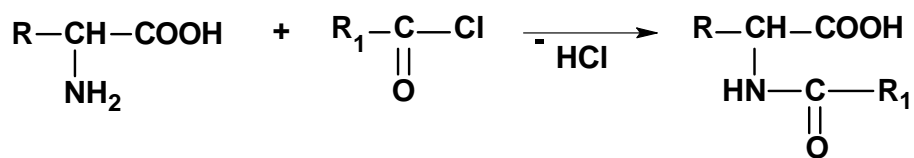


## 4. Образование галогенангидридов

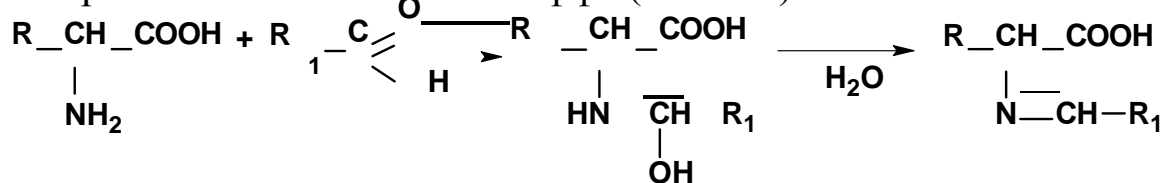


## 5. Образование N-ацильных производных





## 6. Образование оснований Шиффа (иминов)

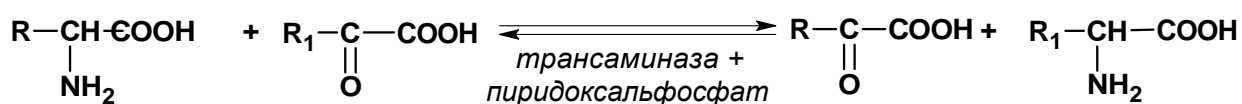
 $\alpha$ -аминокислота

альдегид

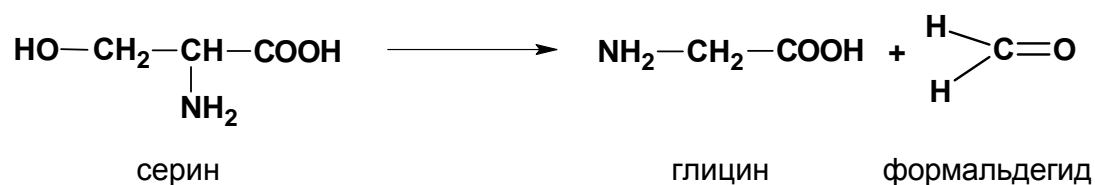
карбиноламин

замещённый имин  
(основание Шиффа)

## 7. Трансаминирование

 $\alpha$ -аминокислота<sub>1</sub> $\alpha$ -кетокислота<sub>2</sub> $\alpha$ -кетокислота<sub>1</sub> $\alpha$ -аминокислота<sub>2</sub>

## 8. Альдольное расщепление



серин

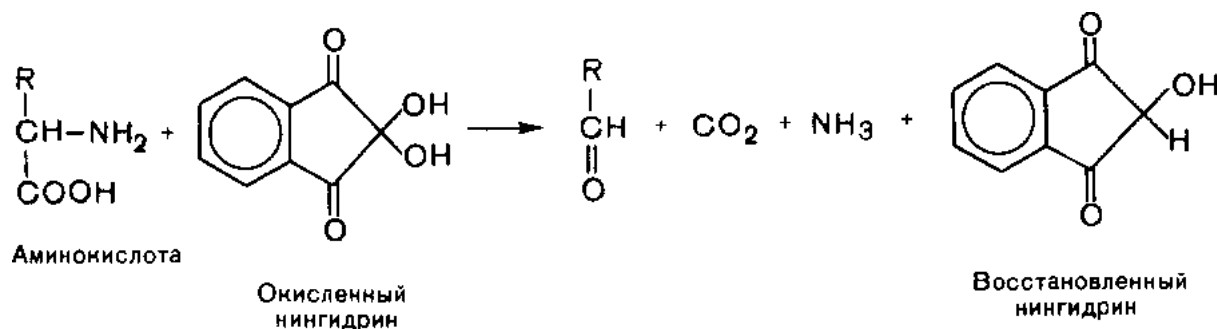
глицин

формальдегид

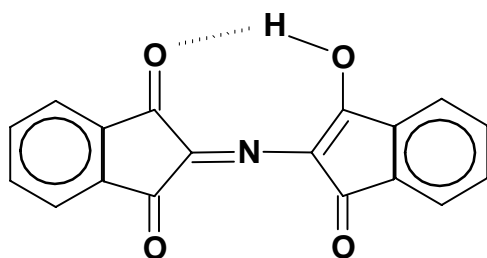
**Обнаружение аминокислот**

1. **Нингидриновая реакция** – универсальная реакция для всех аминокислот

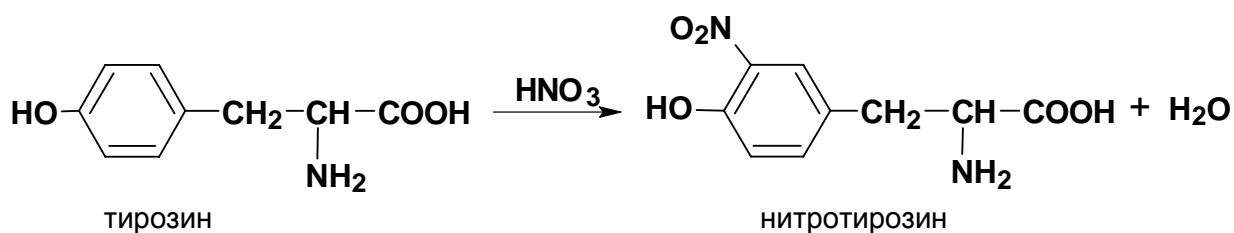
а) окислительное дезаминирование аминокислоты и декарбоксилирование, образуется восстановленный нингидрин



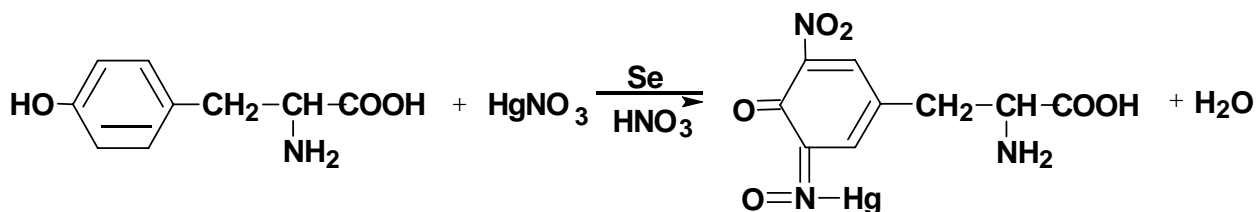
б) образовавшийся аммиак взаимодействует с эквивалентными количествами восстановленного и окисленного нингидрина, образуется продукт фиолетовой окраски



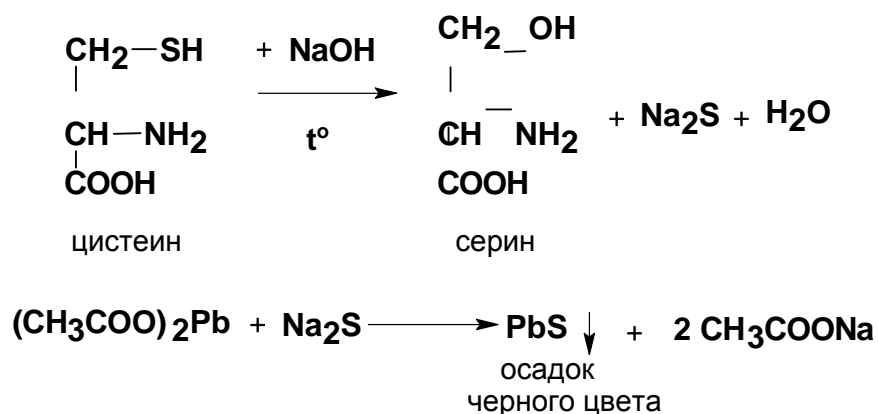
2. **Ксантопротеиновая реакция** на ароматические аминокислоты (фен, тир, гис, три)



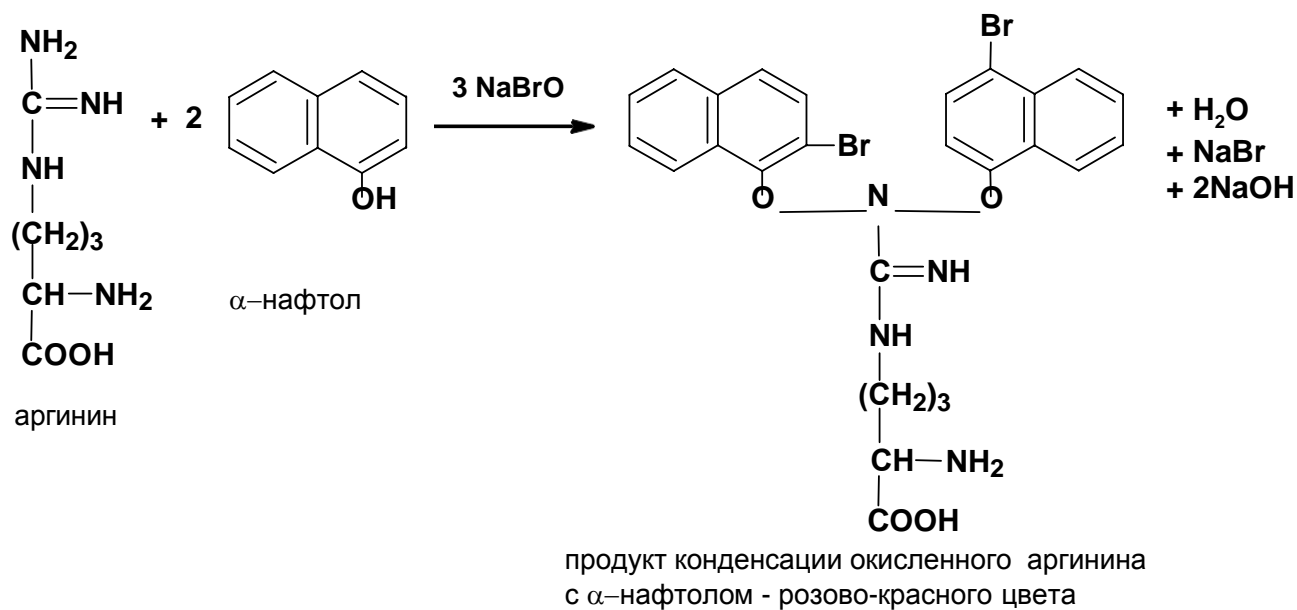
3. **Реакция Миллона** на тирозин



#### 4. Реакция Фоля на аминокислоту цистеин, содержащую слабо-связанную серу.



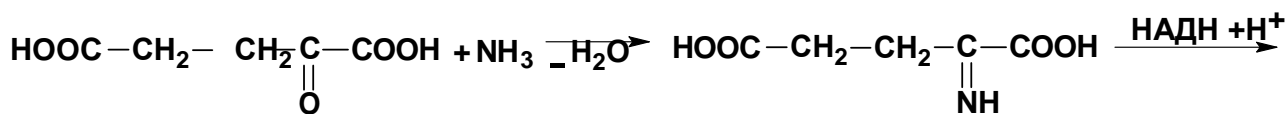
#### 5. Реакция Сакагучи на аргинин



## Синтез аминокислот

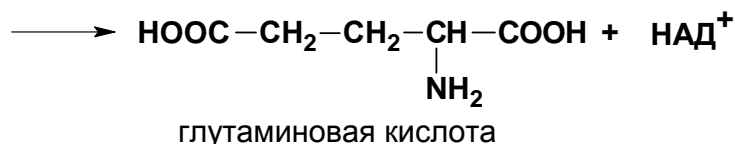
### 1. организме (in vivo)

#### а) восстановительное аминирование $\alpha$ -кетокислот

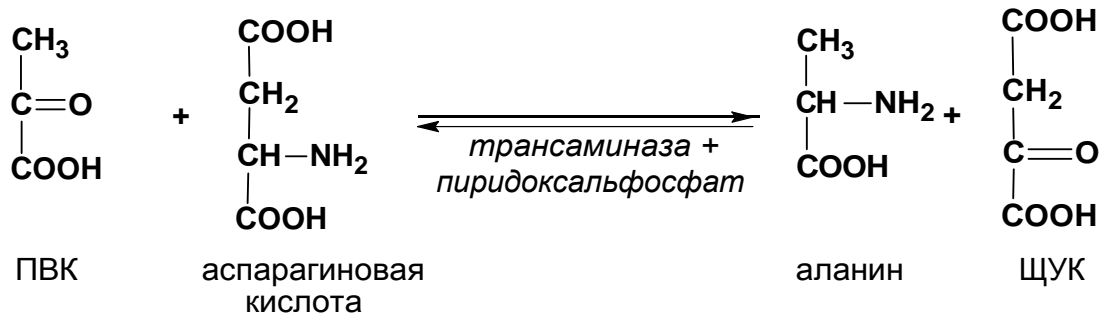


$\alpha$ -оксоглутаровая кислота

$\alpha$ -иминоглутаровая кислота

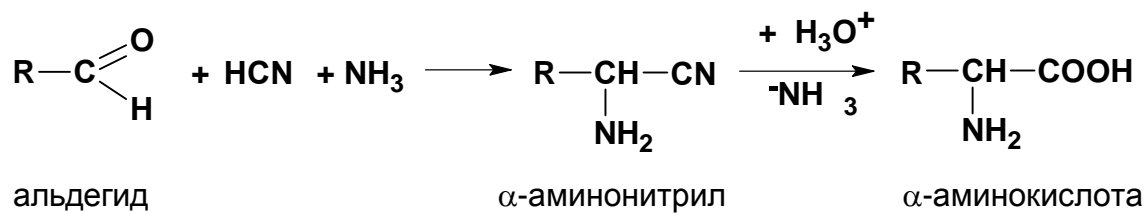


#### б) трансаминирование

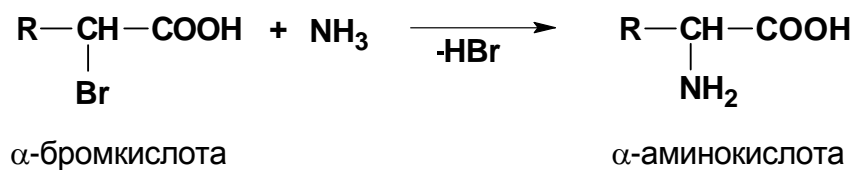


### 2. в организме (in vitro)

#### а) синтез Штреккера-Зелинского



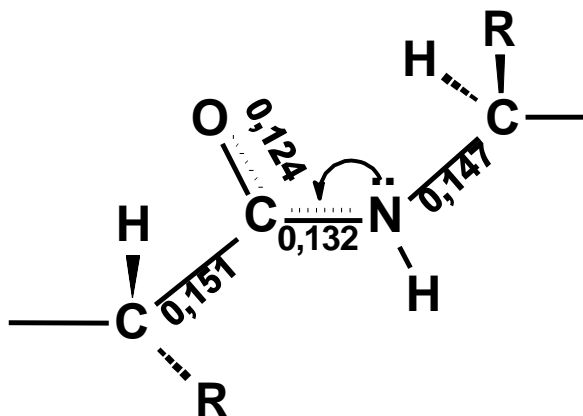
#### б) аммонолиз галогенокислот



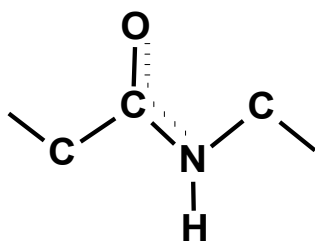
## 9. ПЕПТИДЫ

Пептиды построены из остатков аминокислот, соединенных пептидной  $-\text{CO}-\text{NH}-$  связью.

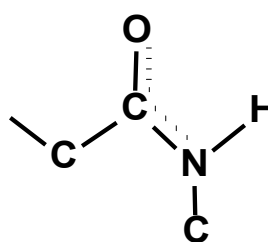
### Строение пептидной связи



Пептидная связь обладает цис- и трансформой относительно  $\alpha$ -углеродных атомов, расположенных по обе стороны от этой связи.



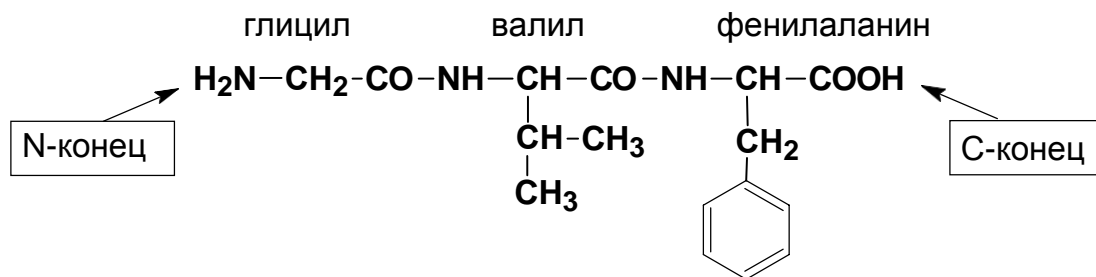
*транс-форма*



*цис-форма*

Трансформа более предпочтительна, т.к. стерически она менее затруднена R-группами, чем цис-форма.

Пептиды образуются либо при распаде белков, либо в реакции поликонденсации  $\alpha$ -аминокислот.

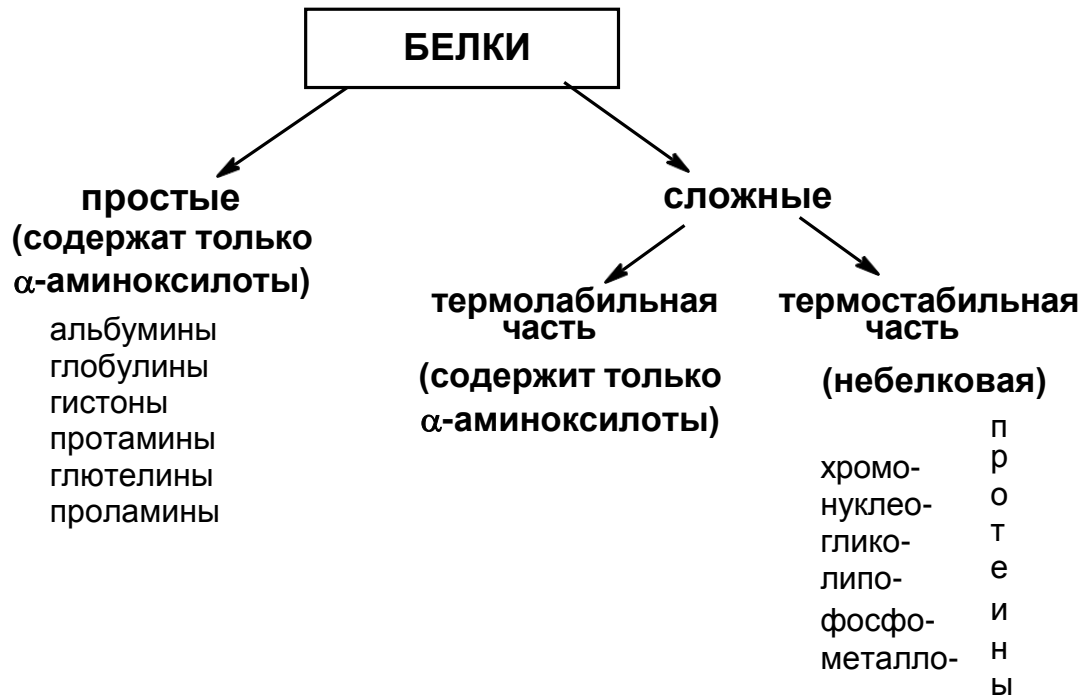


Глицилвалилфенилаланин  
(гли-вал-фен)

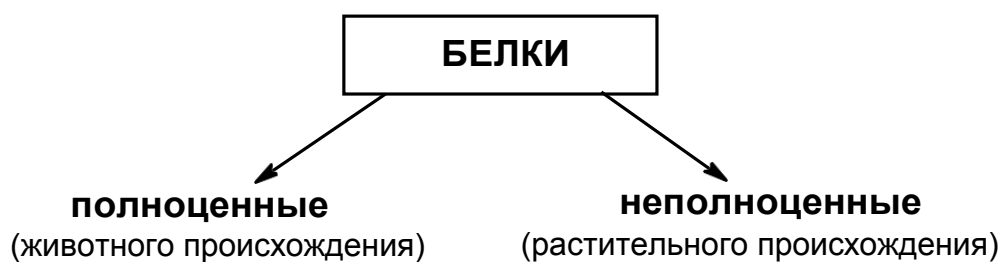
## 10. БЕЛКИ

### Классификации белков

#### 1. Химическая



#### 2. Биологическая



Ценность белка определяется:

- 1) содержанием незаменимых аминокислот
- 2) степенью усваиваемости организмом.

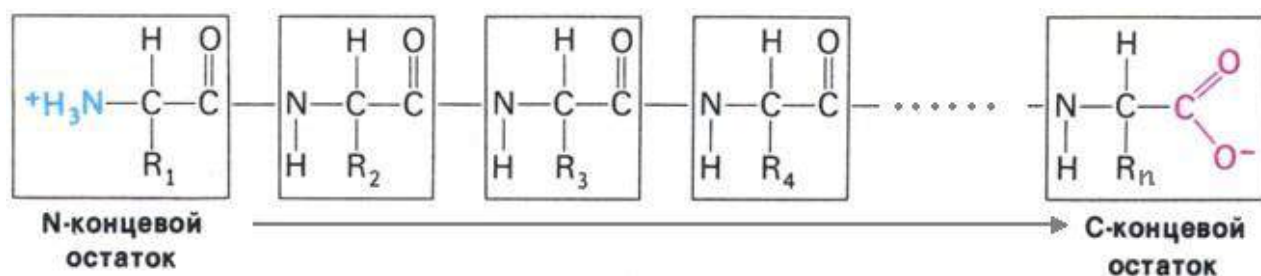
## Уровни структурной организации белка

**Первичная** – последовательность соединения аминокислот в белковой цепи (линейная).

Связи ковалентные:

–CO–NH– пептидная (основная)

–S–S– дисульфидная (вспомогательная).



**Вторичная** – способ укладки полипептидной цепи (двухмерная).

Связь водородная

( $\alpha$ -спираль – внутримолекулярная,

$\beta$ -структура – межмолекулярная).

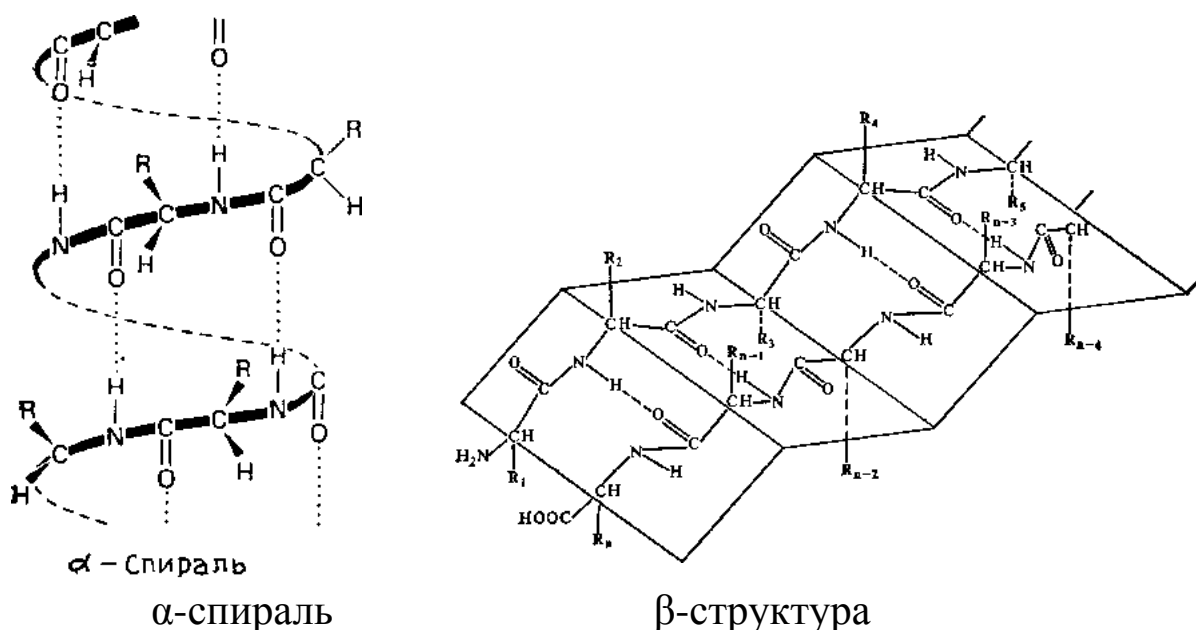
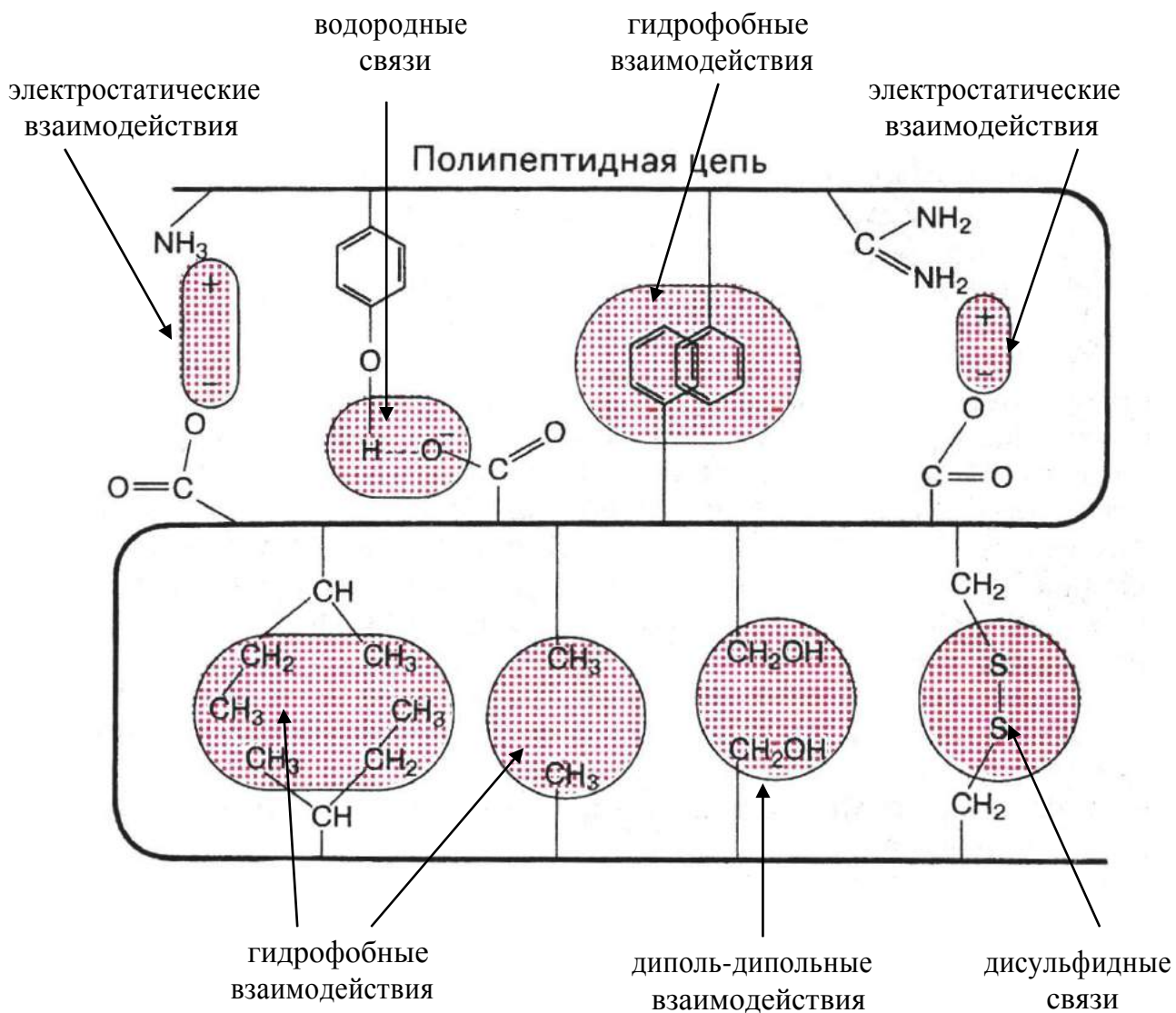


Рис. 13. Вторичная структура белков

**Третичная** – способ укладки полипептидной цепи в пространстве (трёхмерная).

Связи: ковалентные  $-S-S-$ , водородные, гидрофобные, ионные, диполь-дипольные взаимодействия.

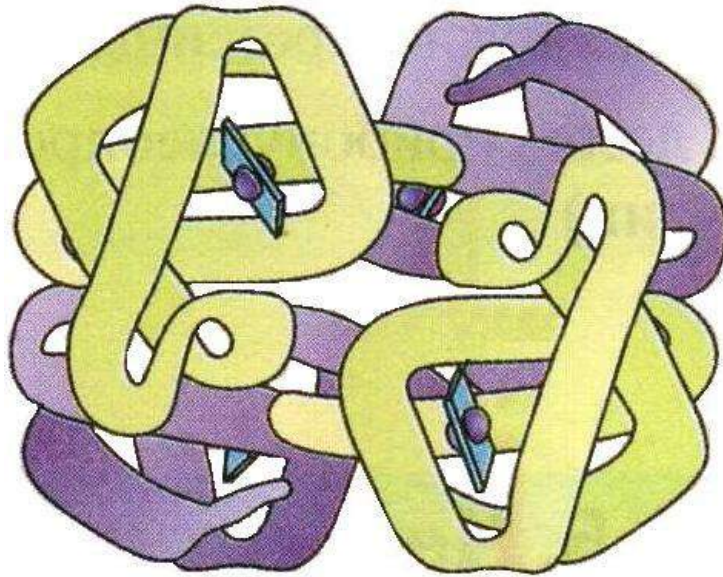


**Рис. 14.** Связи, стабилизирующие третичную структуру белков



**Четвертичная** – способ укладки в пространстве отдельных субъединиц, имеющих собственную первичную, вторичную и третичную структуры. При этом формируется единое в структурном и функциональном отношении образование.

Связи: гидрофобные взаимодействия, водородные и ионные связи.

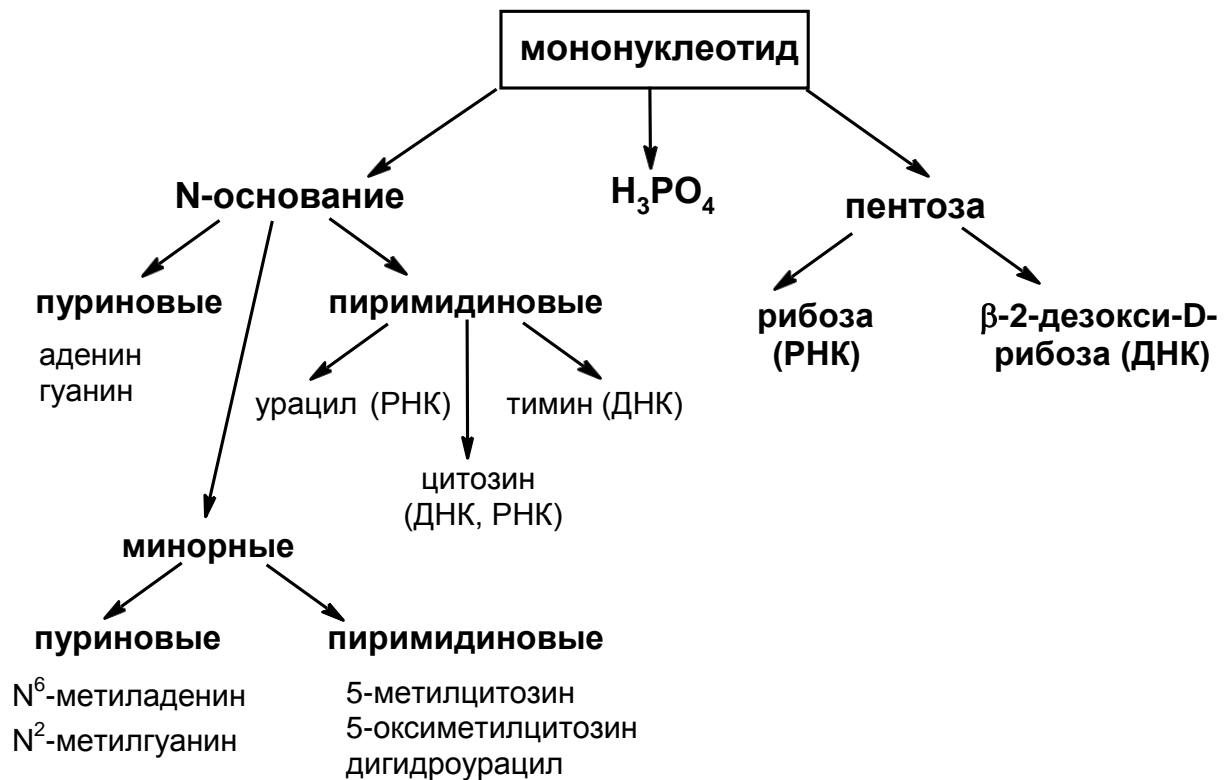


**Рис. 15. Четвертичная структура гемоглобина**

## 11. НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ (ПОЛИНУКЛЕОТИДЫ)

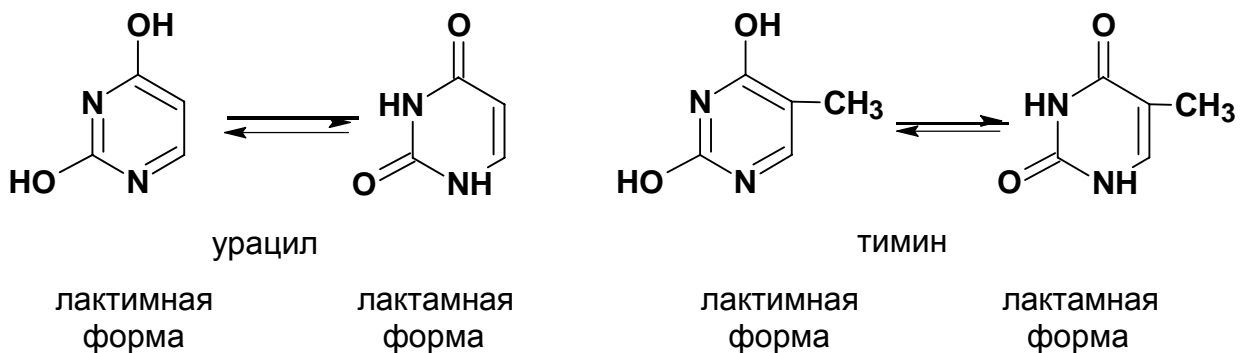
**Нуклеиновые кислоты** (полинуклеотиды) – полимеры, структурной единицей которых являются моноклеотиды, соединённые между собой фосфодиэфирными связями.

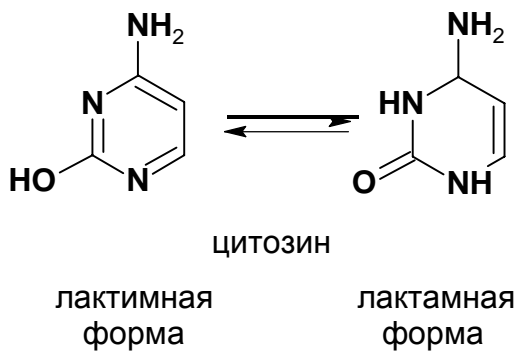
**Схема 9. Состав моноклеотидов**



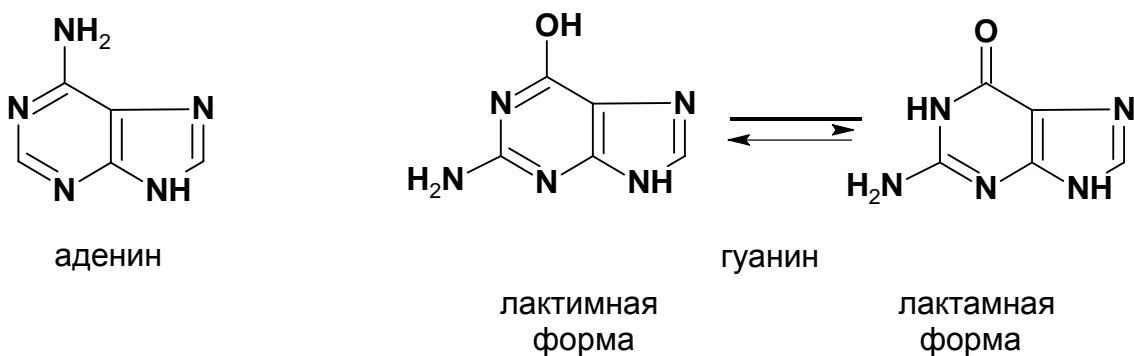
### Строение азотистых оснований

#### Пиридиновые

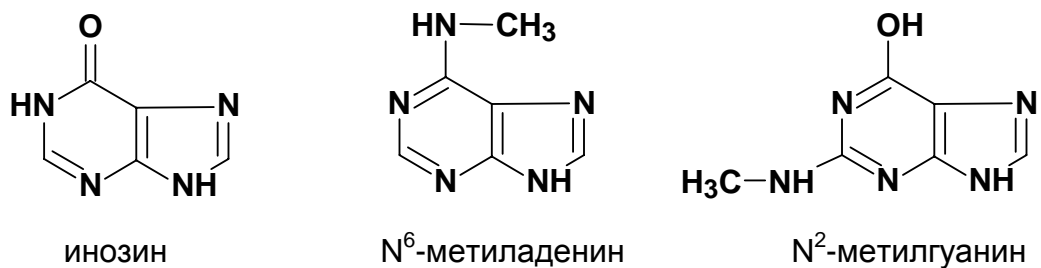
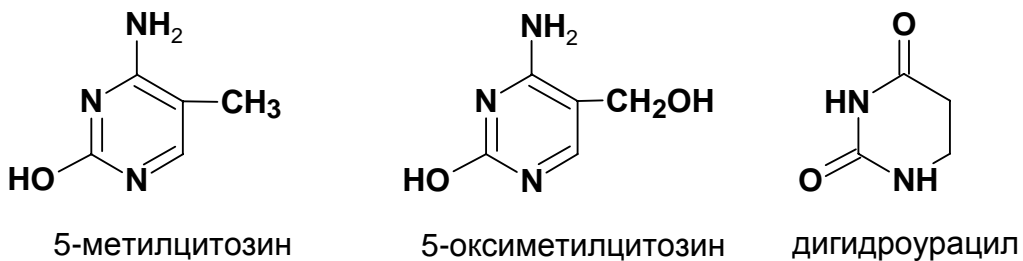




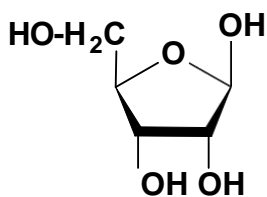
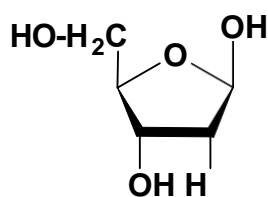
### Пуриновые



### Минорные азотистые основания



## Пентозы

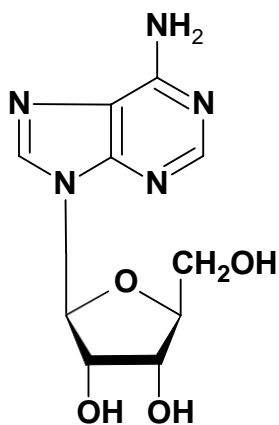
 $\beta$ -D-рибоза $\beta$ -2-дезокси-D-рибоза

N-основание + пентоза = **нуклеозид**

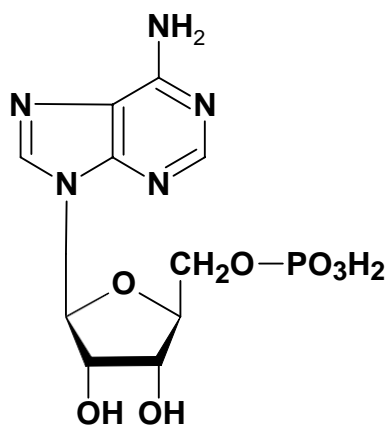
нуклеозид + остаток фосфорной кислоты = **нуклеотид**

**Таблица 22. Номенклатура основных нуклеозидов и нуклеотидов**

Азотистое основание	Нуклеозид	Нуклеотиды	
		полное название	сокращенное название
Аденин	Аденозин	Адениловая кислота, аденозинмонофосфат	АМФ
Гуанин	Гуанозин	Гуаниловая кислота, гуанозинмонофосфат	ГМФ
Цитозин	Цитидин	Цитидиловая кислота, цитидинмонофосфат	ЦМФ
Урацил	Уридин	Уридиловая кислота, уридинмонофосфат	УМФ
Тимин	Тимидин	Тимидиловая кислота, тимидинмонофосфат	ТМФ

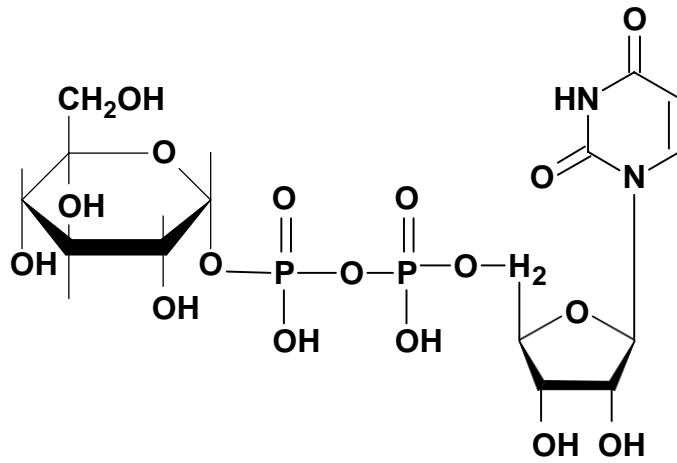


аденозин

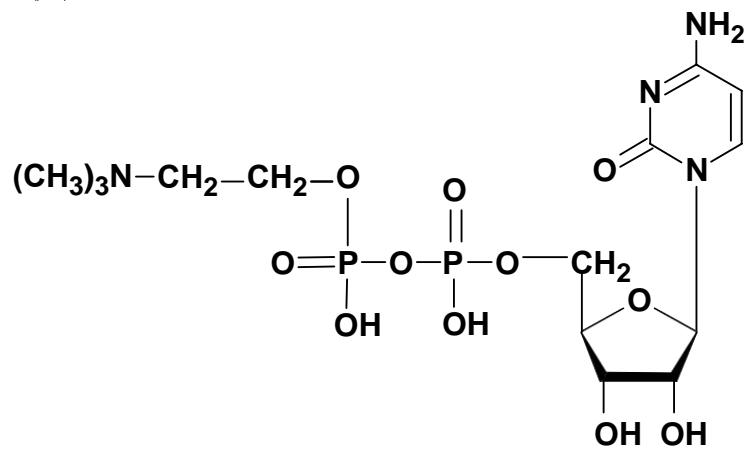
аденозинмонофосфат  
(адениловая кислота)

## Нуклеозидди- и трифосфаты

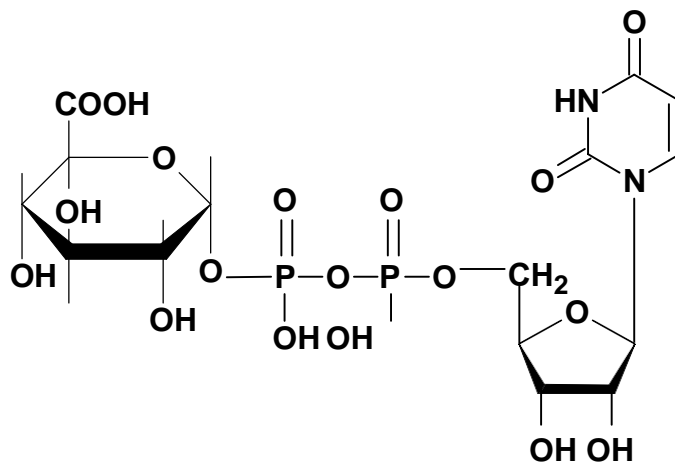
### УДФ-глюкоза



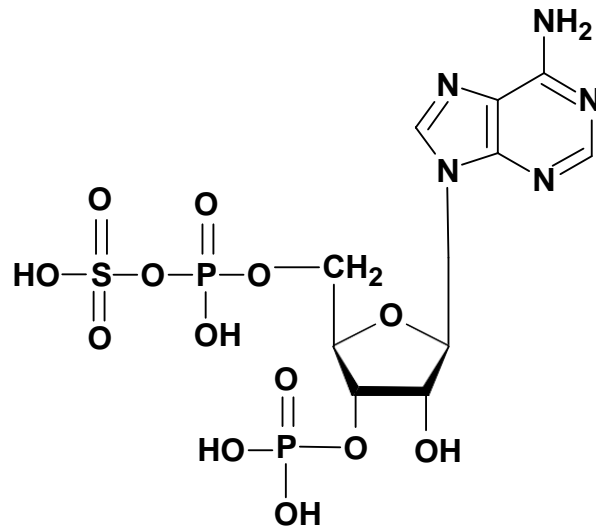
### ЦДФ-холин



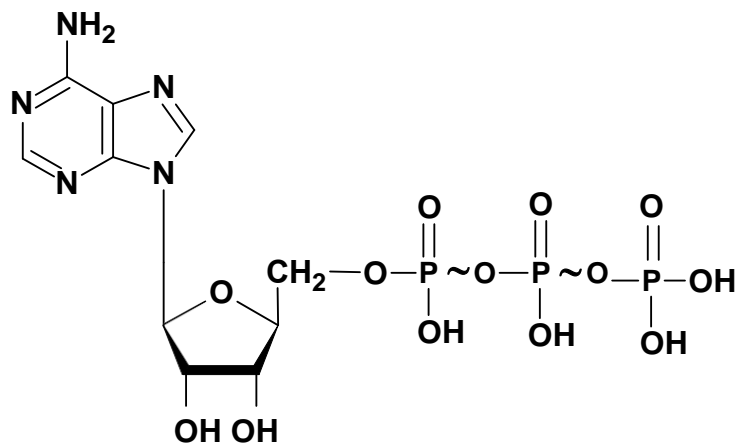
### УДФ-глюкуроновая кислота



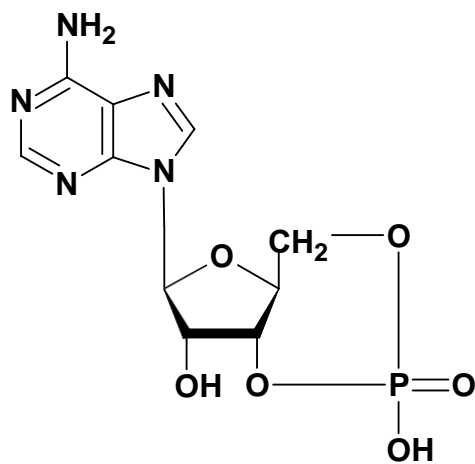
ФАФС – активная форма серной кислоты

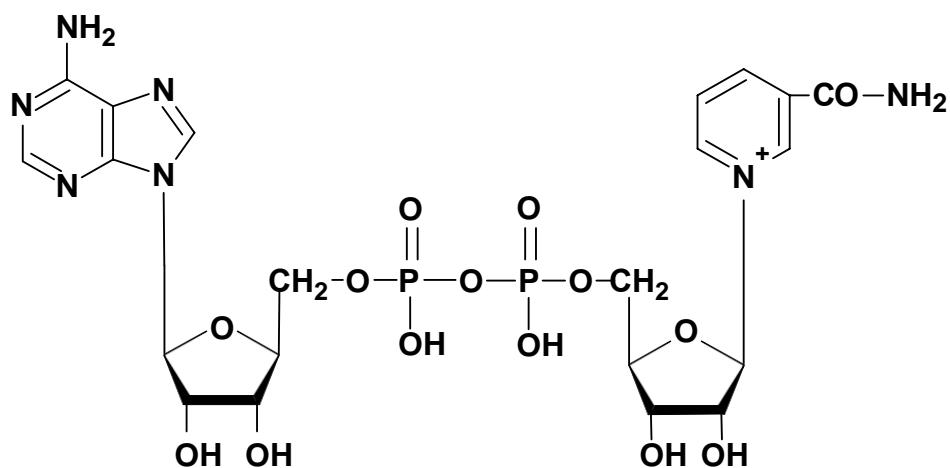
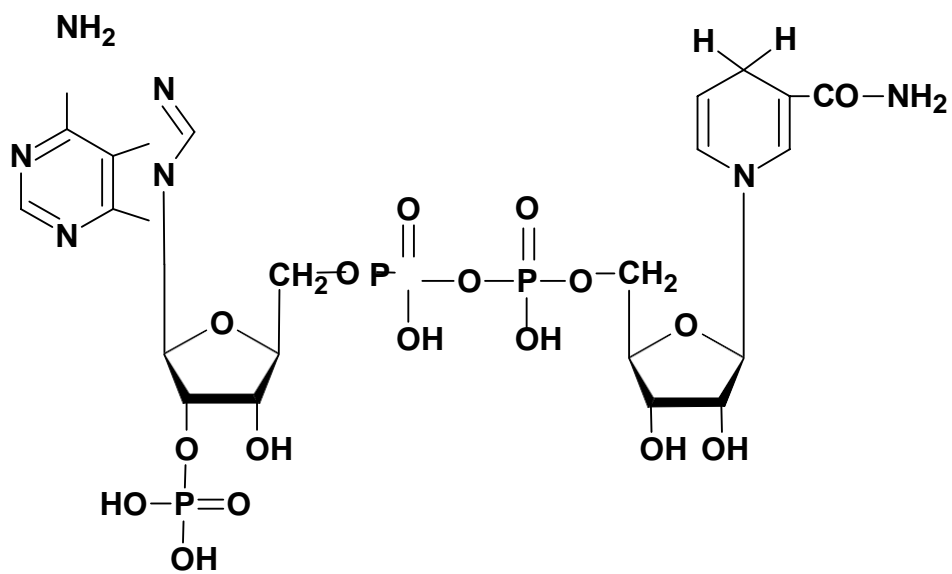


АТФ (аденозинтрифосфорная кислота)

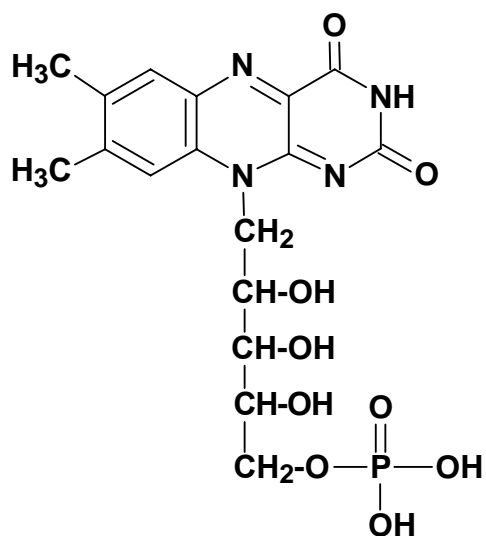


ц-АМФ

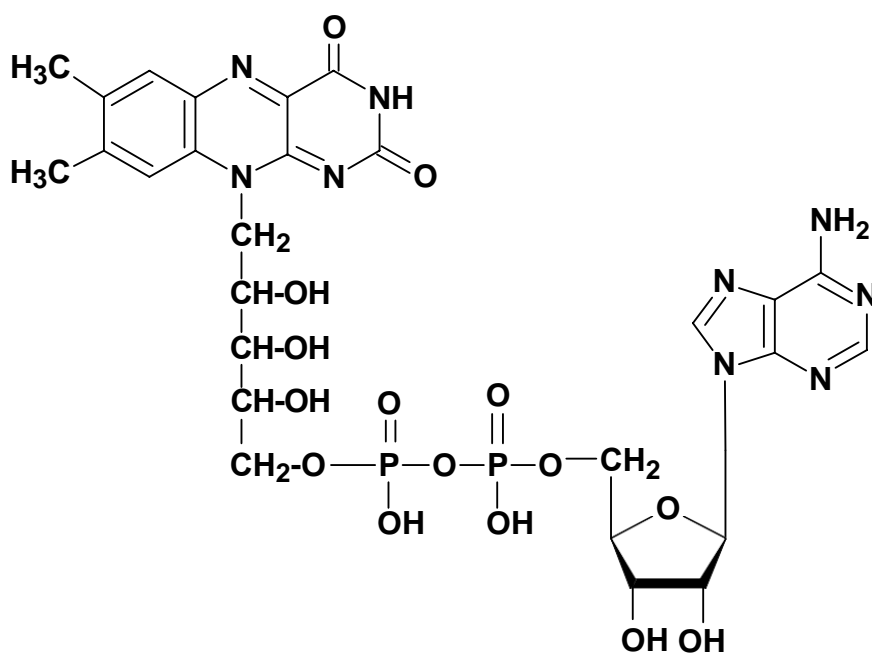


$\text{НАД}^+$ 

 $\text{НАДФ}\cdot\text{H}$ 


## ФМН (флавинмононуклеотид)



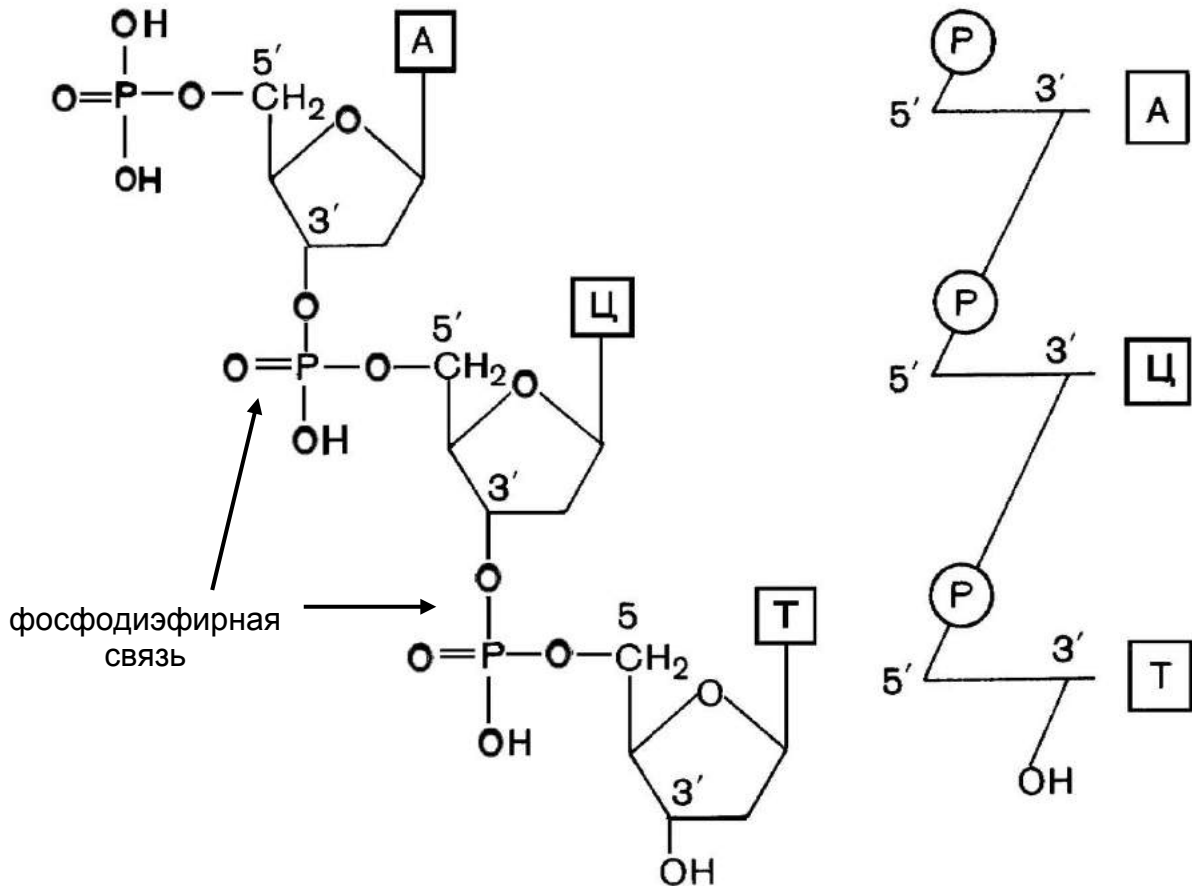
## ФАД (флавинадениндинуклеотид)





**Первичная структура** нуклеиновых кислот – последовательность моноклеотидов, входящих в полинуклеотидную цепь, соединённых фосфодиэфирными связями.

**Схема 10. Первичная структура нуклеиновых кислот**



ДНК, выделенные из разных тканей одного и того же вида, имеют одинаковый состав азотистых оснований. Закономерности соотношения количества азотистых оснований в ДНК были названы **правилами Чаргаффа**:

1. Молярная доля пуринов равна молярной доле пиримидинов:

$$A + G = T + C, \text{ или } (A + G) / (T + C) = 1$$

2. Количество аденина и цитозина равно количеству гуанина и тимина:

$$A + C = G + T, \text{ или } (A + C) / (T + G) = 1$$

3. Количество аденина равно количеству тимина, а количество гуанина равно количеству цитозина:

$$A = T \text{ и } G = C \text{ и соответственно } A / T = 1 \text{ и } G / C = 1$$

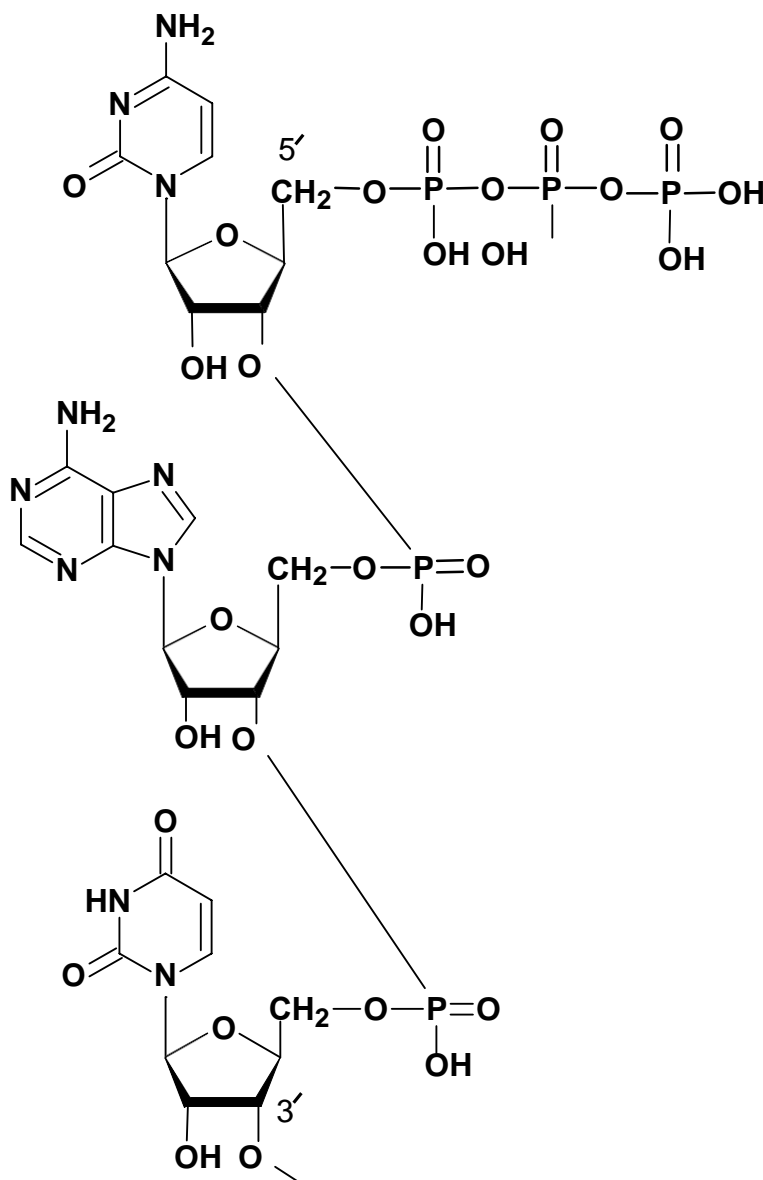
4. Сумма гуанина и цитозина не равняется сумме аденина и тимина:

$$A + T \neq G + C, \text{ отсюда } (G + C) / (A + T) \neq 1$$

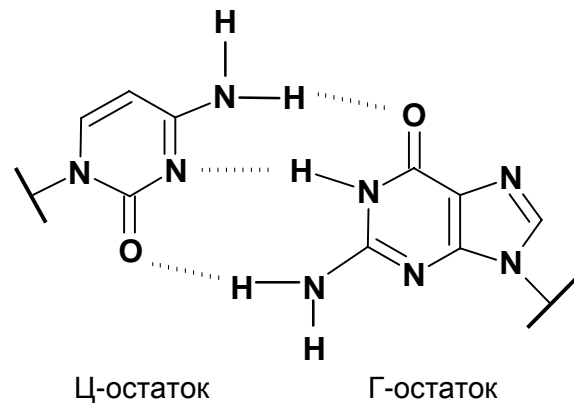
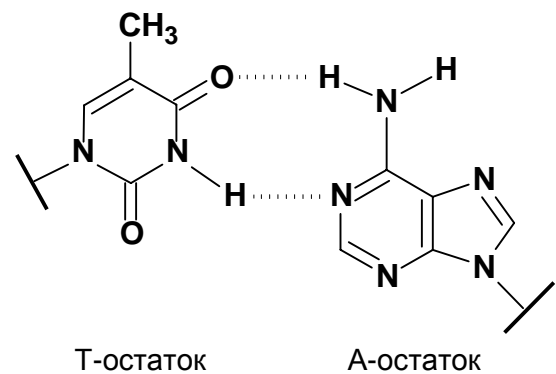
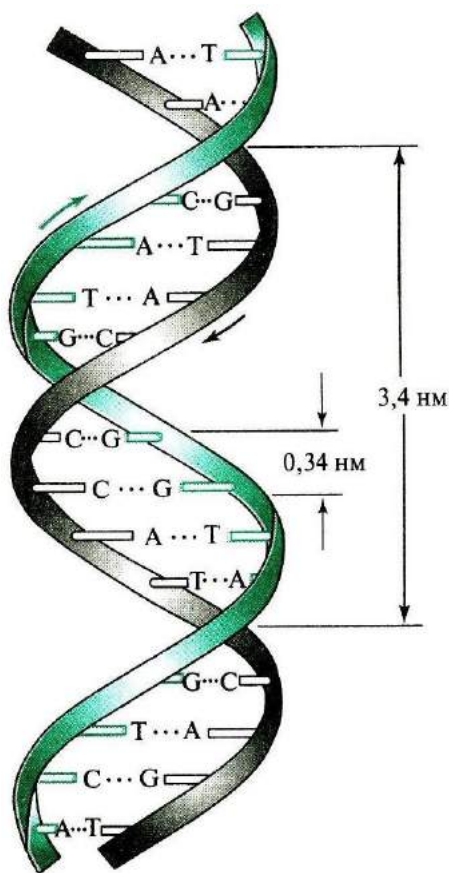
Это отношение – коэффициент специфичности.

Для животных и растений он ниже единицы (0,54–0,94), у микроорганизмов колеблется в значительных пределах (от 0,45 до 2,57).

### Схема 11. Фрагмент первичной структуры РНК

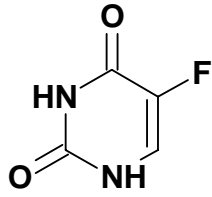


**Вторичная структура ДНК.** Молекула ДНК состоит из двух полинуклеотидных нитей, правозакрученных вокруг общей оси с образованием двойной спирали. Нити ДНК антипараллельны друг другу, т.е. направления образования в них противоположны: в одной цепи 5'–3', в другой – 3'–5'. Пуриновые и пиримидиновые основания направлены внутрь спирали, между ними возникают водородные связи, которые стабилизируют вторичную структуру ДНК. Азотистые основания, между которыми возникают водородные связи, называют комплементарными парами.

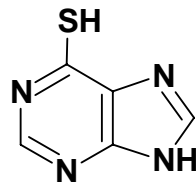


## Лекарственные препараты нуклеиновой природы

### 1) Производные азотистых оснований

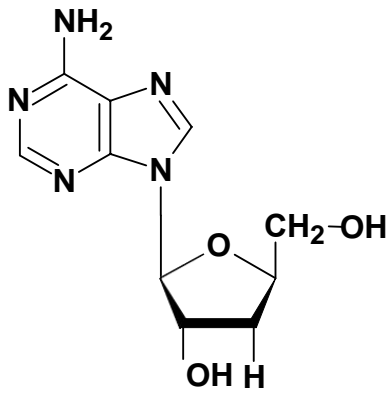


5-фторурацил

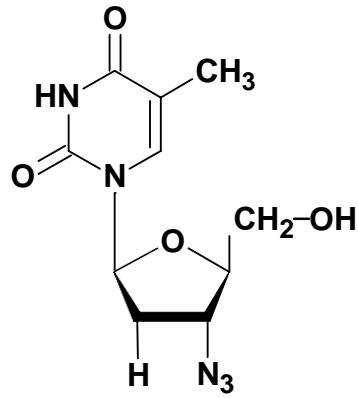


6-меркаптопурин

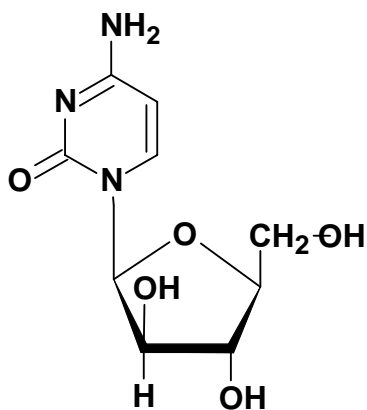
### 2) нуклеозиды-антибиотики



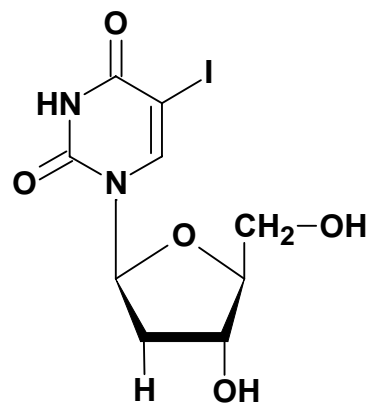
кордиципин



азидотимидин



цитозинарабинозид



5-йод-дезоксиуридин

## 12. ЛИПИДЫ

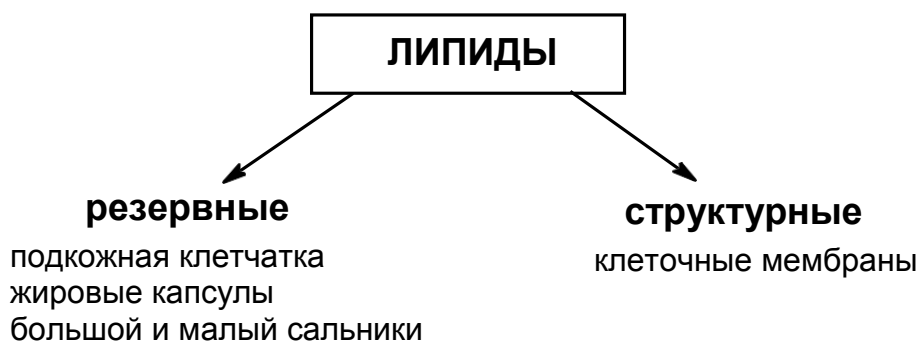
**Липидами** называют большую группу природных соединений, существенно различающихся по своей химической структуре и функциям, объединяемых общим свойством – хорошей растворимостью в органических растворителях (эфир, хлороформ, бензол) и практически полной нерастворимостью в воде.

### Классификации липидов

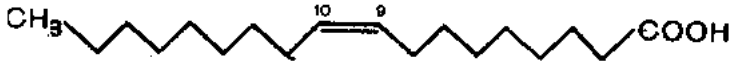

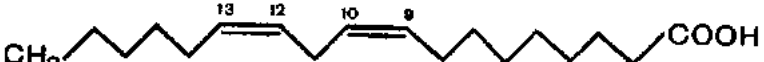
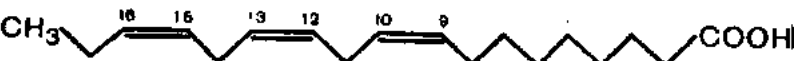
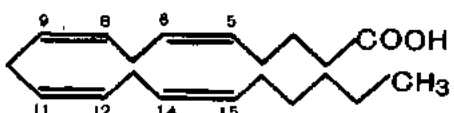
Схема 12. Химическая классификация липидов



### Схема 13. Функциональная классификация липидов

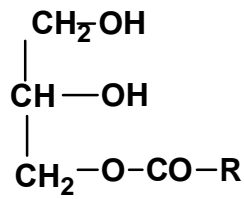


### Таблица 22. Важнейшие жирные кислоты

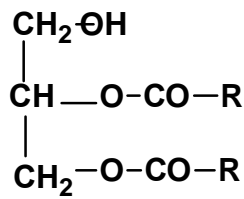
Название кислоты	Число С-атомов	Структурная формула
Пальмитиновая	C <sub>16</sub>	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>14</sub> COOH
Стеариновая	C <sub>18</sub>	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>16</sub> COOH
Арахидиновая	C <sub>20</sub>	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>18</sub> COOH
<b>Ненасыщенные кислоты</b>		
Олеиновая	C <sub>18:1</sub>	
Элаидиновая	C <sub>18:1</sub>	
Линолевая ω-6	C <sub>18:2</sub>	
Линоленовая ω-3	C <sub>18:3</sub>	
Арахидоно- вая	C <sub>20:4</sub>	

## Простые липиды

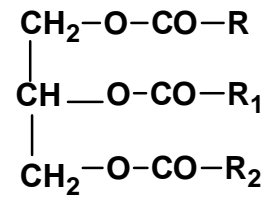
### Ацилглицеролы



моноацилглицерол

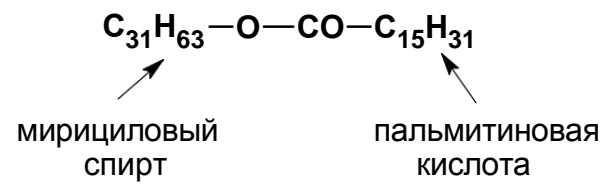
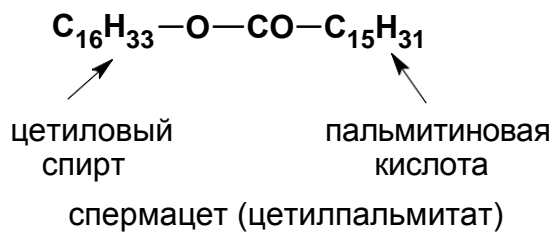


диацилглицерол



триацилглицерол

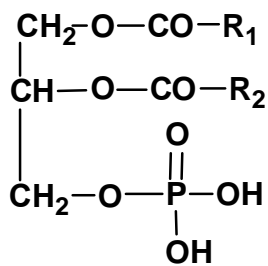
## Воски



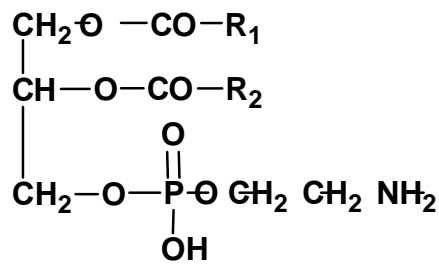
## Сложные липиды

### Фосфолипиды

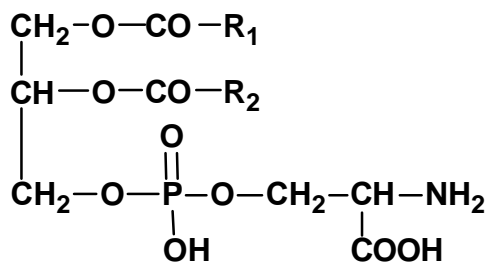
#### а) глицеролфосфолипиды



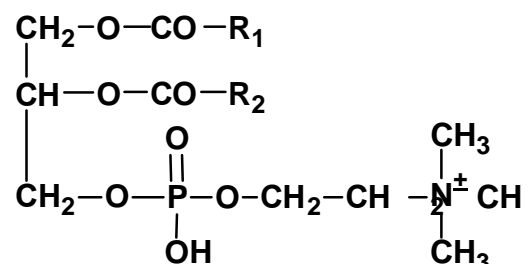
фосфатидная кислота



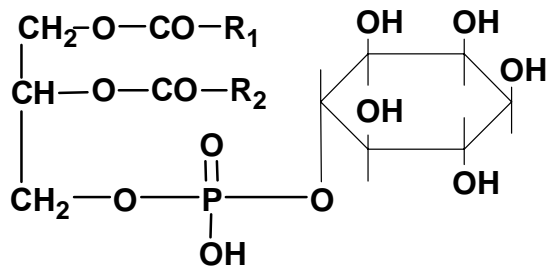
фосфатидилэтаноламин



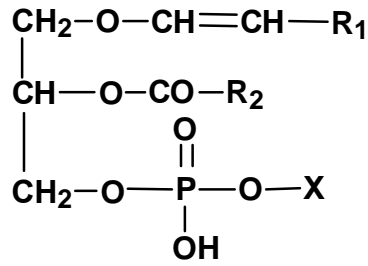
фосфатидилсерин



фосфатидилхолин



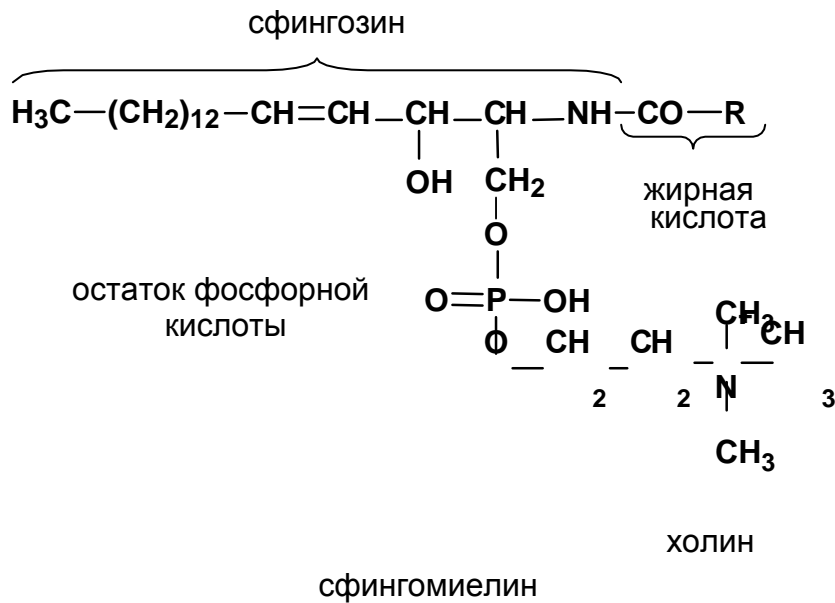
фосфатидилинозитол



X = серин,  
этаноламин,  
холин

общая формула плазмалогенов

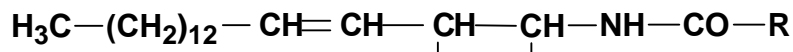
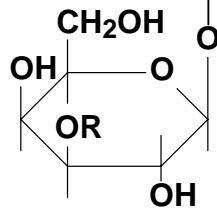
## б) сфингофосфолипиды



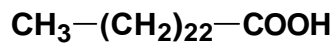


## Гликолипиды

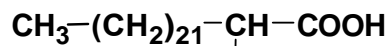
сфингозин

жирная  
кислота $\text{R}=\text{H}$  - галактоза $\text{R}=\text{SO}_3\text{H}$  - сульфогалактозагалактозилцерамид  
(сульфогалактозилцерамид)

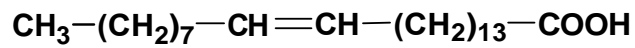
## Жирные кислоты, входящие в состав гликолипидов (C-24)



лигноцериновая



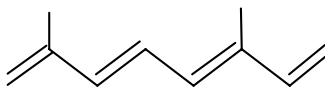
цереброновая



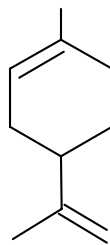
нервоновая

## Терпены

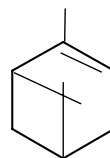
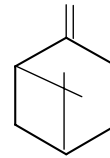
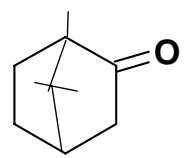
### Монотерпены



оцимен

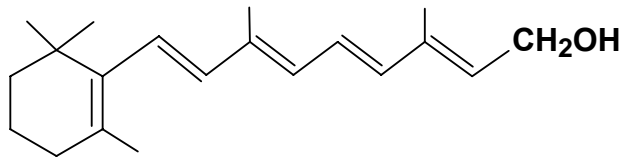


лимонен

 $\alpha$ -пинен $\beta$ -пинен

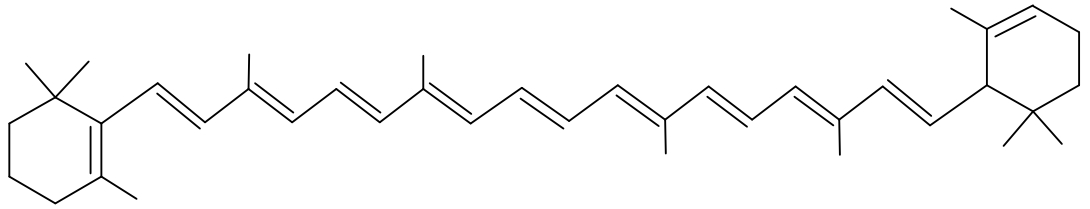
камфора

## Дитерпены

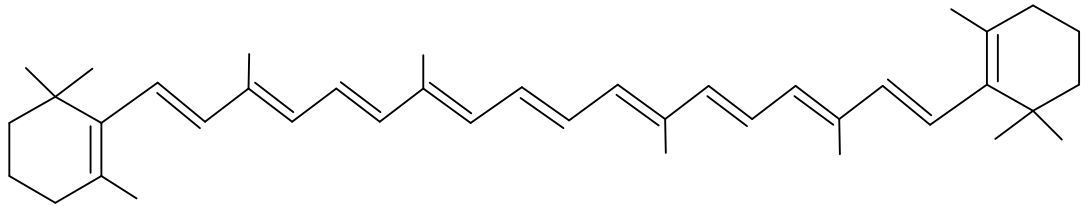


витамин А (ретинол)

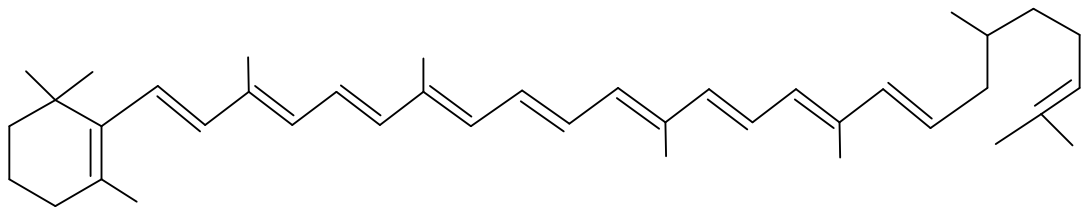
## Тетратерпены



$\alpha$ -каротин



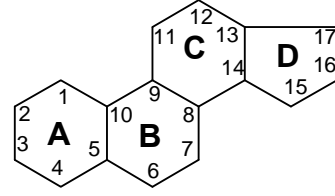
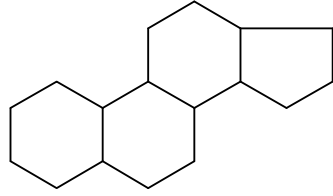
$\beta$ -каротин



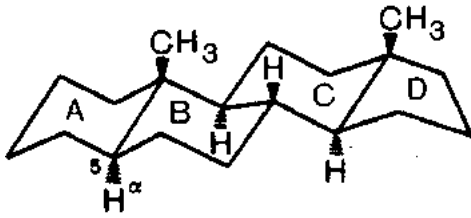
$\gamma$ -каротин

## Стероиды

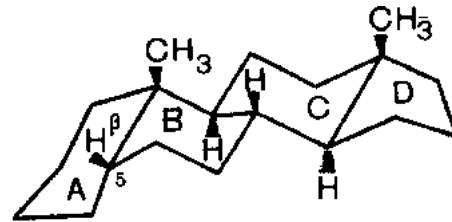
пергидрофенантрен    циклопентан



стеран  
(циклопентанпергидрофенантрен)

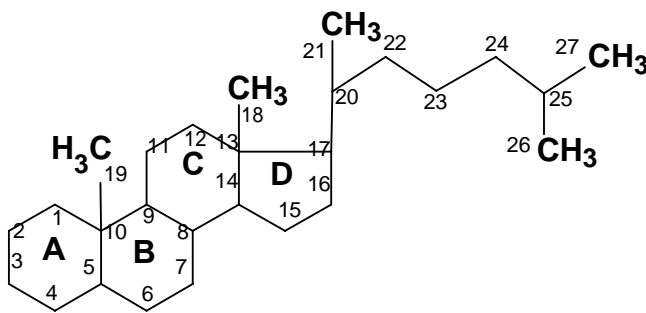


5- $\alpha$ -стеран

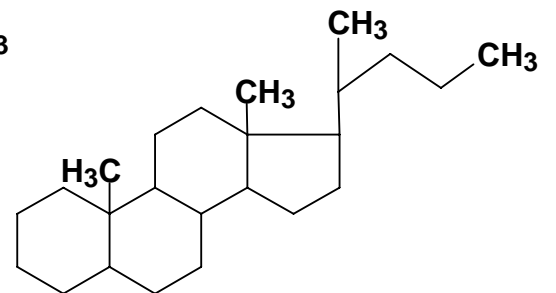


5- $\beta$ -стеран

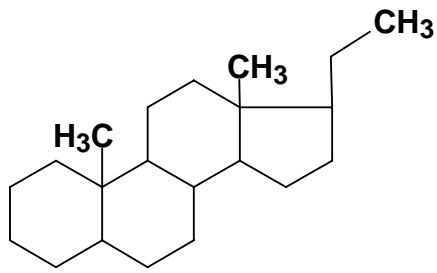
## Номенклатура стероидов



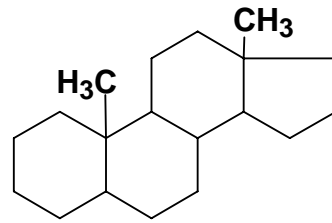
холестан



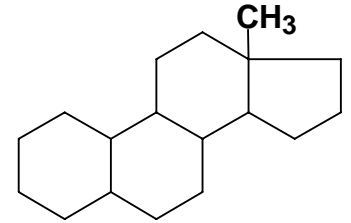
холан



прегнан

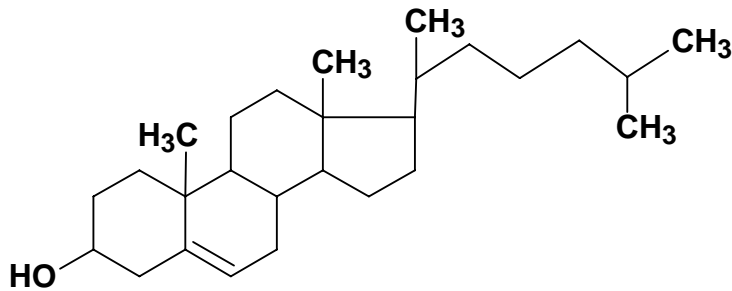


андростан



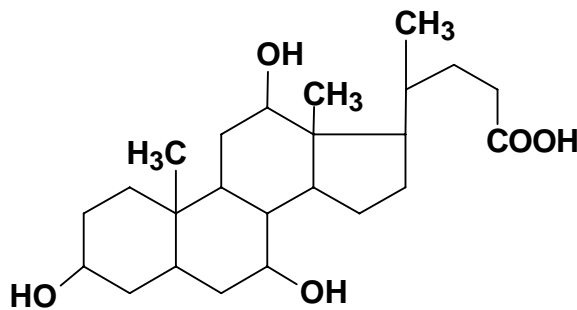
эстран

## Холестерин

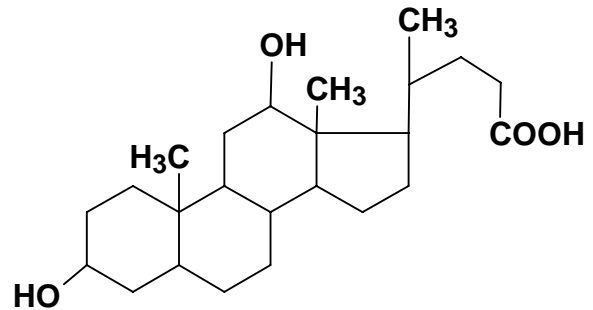


## Желчные кислоты

## а) непарные

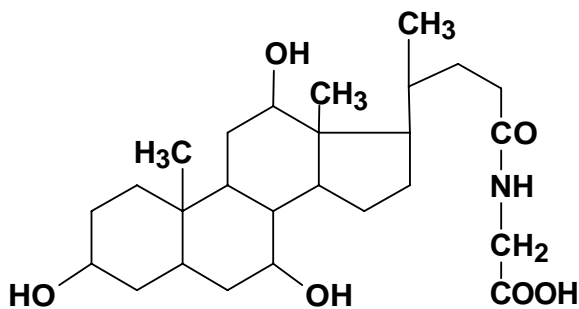


холевая кислота

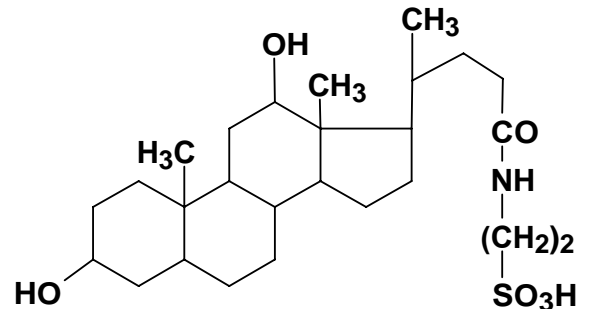


дезоксихолевая кислота

## б) парные

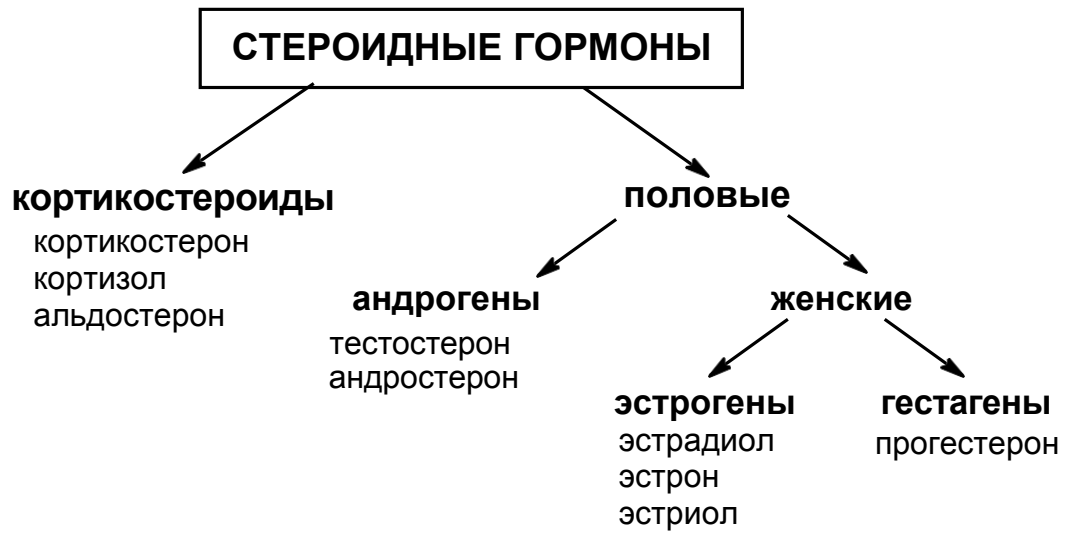


гликохолевая кислота

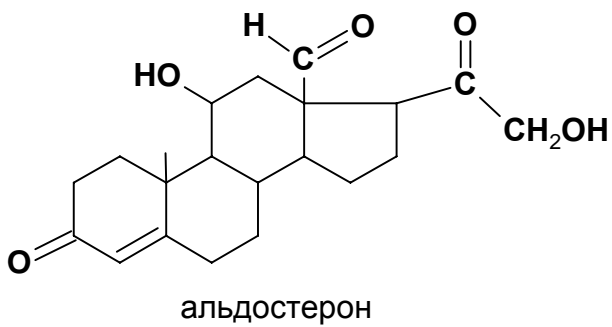
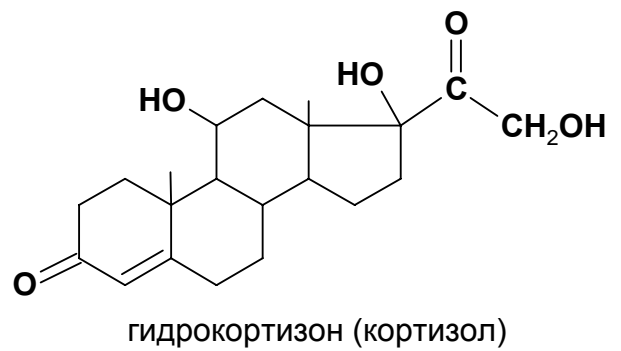


тауродезоксихолевая кислота

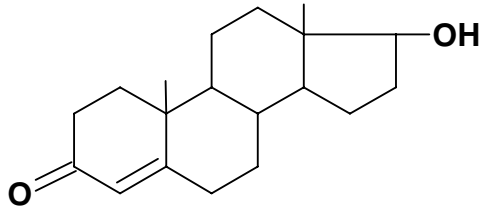
## Схема 14. Классификация стероидных гормонов



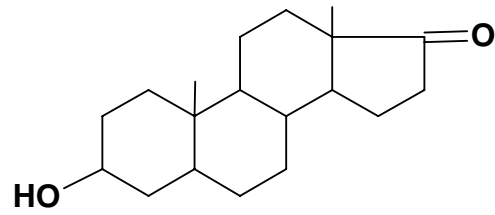
### Кортикостероиды



## Андрогены



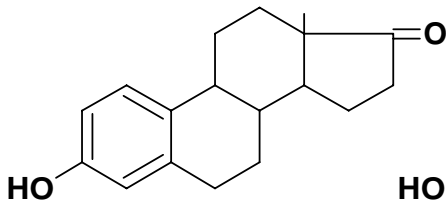
тестостерон



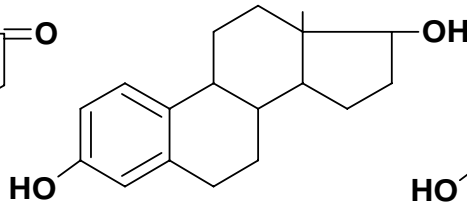
андростерон

## Женские половые гормоны

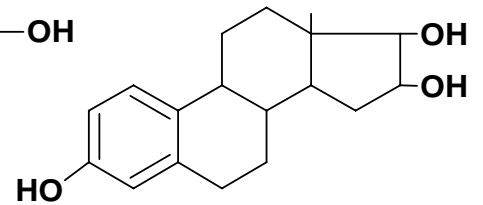
### Эстрогены



эстрон (фолликулин)

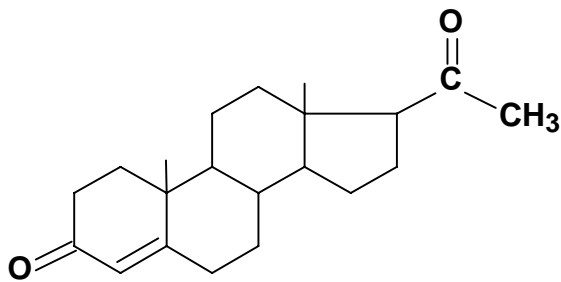


эстрадиол



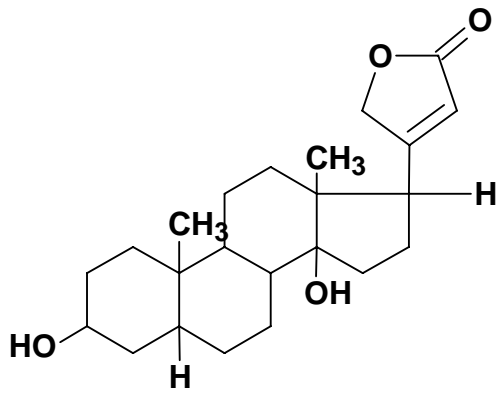
эстриол

### Гестагены

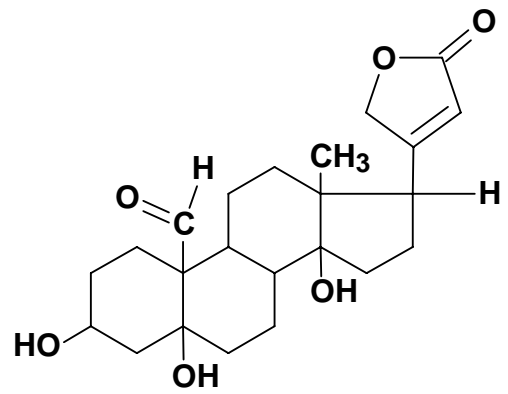


прогестерон

## Генины сердечных гликозидов



дигитоксигенин



строфантин

## ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

### Раздел I.

#### Глава 1.

1. Какие принципы положены в основу классификации органических соединений?
  - а) число атомов углерода в молекуле
  - б) строение углеродного скелета
  - в) характер гетероатомов в молекуле
  - г) наличие в молекуле функциональных групп
  
2. По какому структурному фрагменту молекулы относят к определенному классу:
  - а) родоначальная структура
  - б) углеводородный радикал
  - в) функциональная группа
  - г) алифатическая цепь
  - д) бензольное кольцо

#### Глава 2.

1. Родоначальной структурой называют:
  - а) самую длинную углеродную цепь
  - б) разветвленную углеродную цепь
  - в) цепь, содержащую кратные связи и различные заместители
  - г) углеродную цепь, содержащую старшую функциональную группу
  - д) цепь, содержащую наибольшее число кратных связей
  
2. Какое название НЕ СООТВЕТСТВУЕТ названию углеводородного радикала:
  - а) бутил  $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—}$
  - б) пропил  $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—}$
  - в) изобутил  $(\text{CH}_3)_2\text{—CH—CH}_2\text{—}$
  - г) вторичный бутил  $\text{CH}_3\text{—CH—CH}_3$   
 $\quad\quad\quad |$   
 $\quad\quad\quad \text{CH}_2\text{—}$
  - д) третичный бутил  $(\text{CH}_3)_3\text{—C—}$



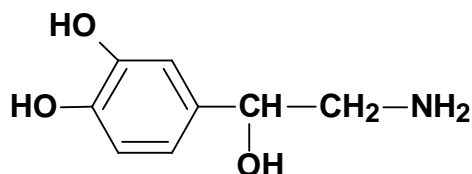
3. Какие из приведенных заместителей являются функциональной группой:

- а)  $\text{CH}_3\text{-S-CH}_2\text{-}$   
 б)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{-}$   
 в)  $(\text{CH}_3)_2\text{-CH-}$   
 г)  $\text{CHO}$   
 д)  $\text{-CO-}$   
 е)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{-O-}$

4. Какие из приведенных функциональных групп по правилам заместительной номенклатуры ИЮПАК обозначаются только префиксами?

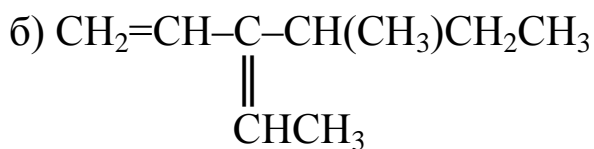
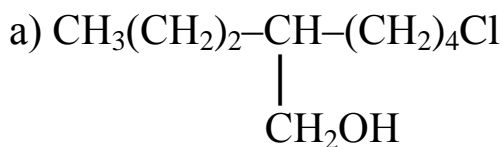
- а)  $\text{HO-}$   
 б)  $\text{HS-}$   
 в)  $\text{Br-}$   
 г)  $\text{-NO}_2$   
 д)  $\text{RO-}$

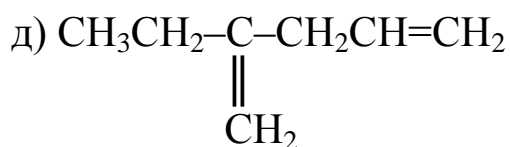
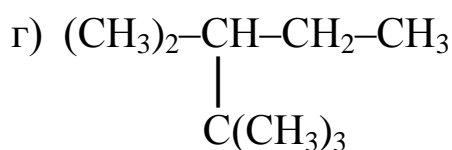
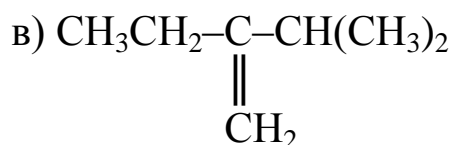
5. Какие утверждения СООТВЕТСТВУЮТ структуре норадреналина?



- а) содержит только вторичные спиртовые группы  
 б) содержит только вторичные атомы углерода  
 в) является двухатомным спиртом  
 г) является аминспиртом  
 д) содержит о-дигидроксифенильный фрагмент

6. В каких из приведенных соединений главной углеродной цепью является пентан?





7. Какие из указанных соединений при разрыве С–Н-связи могут образовывать третичные алкильные радикалы?

- а)  $\text{CH}_3\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
- б)  $\text{C}_6\text{H}_5-\text{C}(\text{CH}_3)_2-\text{CH}(\text{CH}_3)_2$
- в)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
- г)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
- д)  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_3$

### Глава 3.

1.  $\sigma$ -Связь образована атомами углерода в состоянии:

- а)  $sp^2$ -гибридизации
- б)  $sp^3$ -гибридизации
- в)  $sp$ -гибридизации
- г) негибридизованными орбиталями
- д)  $sp$ -гибридизованными и негибридизованными орбиталями

2. Полярность связи определяется:

- а) энергией связи
- б) длиной связи
- в) электроотрицательностью связываемых элементов
- г) электронным строением связи

3. При осевом перекрывании электронов образуется связь:

- а)  $\pi$ -
- б)  $\sigma$ -

- в) полярная
- г) координационная

4. При боковом перекрывании электронов образуется связь:

- а)  $\pi$ -
- б)  $\sigma$ -
- в) полярная
- г) координационная

Глава 4.

1. Сопряжение – это взаимодействие орбиталей:

- а)  $\pi$  – электронов
- б)  $\pi$  – и р-электронов гетероатомов
- в)  $\pi$  – и  $\sigma$ - электронов
- г)  $\sigma$  – и р- электронов
- д)  $\sigma$ - электронов

2. Какие из систем являются сопряженными:

- а)  $\text{CH}_3\text{-CH}=\text{CH-CH}_2\text{-CH}_3$
- б)  $\text{CH}_2=\text{CH-CH}=\text{CH-CH}_3$
- в)  $\text{CH}_2=\text{CH-OH}$
- г)  $\text{CH}_2=\text{CH-CH}_2\text{-Cl}$
- д)  $\text{CH}_2=\text{CH-CH}=\text{CH-NH}_2$

3. Какие из сопряженных систем являются наиболее стабильными:

- а) бутадиен 1,3
- б) бензол
- в) фенол
- г) бензойная кислота
- д) пиррол

4. Какое из высказываний о молекуле бутадиена-1,3 как сопряженной системе является НЕВЕРНЫМ :

- а) в цепи сопряжения содержатся только  $sp^2$ -гибридизованные атомы углерода.
- б) все  $\sigma$ -связи лежат в одной плоскости.
- в) молекула является  $\pi, \pi$ -сопряженной системой.

- г) молекула обладает пониженной термодинамической стабильностью
- д) в молекуле С-С связи выровнены по сравнению с несопряженной системой

## Глава 5.

1. Какой из заместителей проявляет положительный индуктивный эффект в бензольном ядре?
  - а) HO–
  - б) –COOH
  - в) –NH<sub>2</sub>
  - г) –CH<sub>3</sub>
  - д) –Br
  
2. В молекулах каких соединений содержатся сильно полярные связи?
  - а) CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OH
  - б) CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH=CH<sub>2</sub>
  - в) CH<sub>3</sub>–S–CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>
  - г) CH<sub>3</sub>CHClCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>
  - д) CH<sub>3</sub>COCH<sub>3</sub>
  
3. В каких из приведенных соединений функциональные группы проявляют мезомерный эффект?
  - а) C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>NH<sub>2</sub>
  - б) CH<sub>2</sub>=CH–CHO
  - в) CH<sub>2</sub>=C(Cl)CH=CH<sub>2</sub>
  - г) CH<sub>2</sub>=C(CH<sub>3</sub>)–NO<sub>2</sub>
  - д) C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH
  
4. В каких из приведенных соединений группа C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>O– проявляет электроноакцепторные свойства?
  - а) CH<sub>3</sub>CH(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>
  - б) CH<sub>2</sub>=CHOC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>
  - в) C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>O–CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>
  - г) C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>–OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>
  - д) CH<sub>2</sub>=CHCH<sub>2</sub>–OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>

5. В каких из указанных соединений электронная плотность в ароматическом ядре будет меньше, чем в бензоле?
- а) фенол
  - б) бензойная кислота
  - в) мета-динитрофенол
  - г) бензальдегид
  - д) аминобензол
6. Какое из высказываний о феноле НЕВЕРНО:
- а) гидроксильная группа является электронодонором
  - б) все атомы углерода находятся в состоянии  $sp^2$ -гибридизации
  - в) в молекуле имеет место  $\pi, \pi$ - и  $p, \pi$ -сопряжения
  - г) единая сопряженная система содержит шесть  $\pi$ -электронов
  - д) все атомы углерода лежат в одной плоскости
7. Какие из указанных ароматических систем являются  $\pi$ -недостаточными?
- а) пиррол
  - б) тропилий-катион
  - в) пиридиный
  - г) фуран
  - д) азулен
8. В каких из соединений все заместители являются электронодонорами:
- а) метилнитробензол
  - б) этилхлоробензол
  - в) аминофенол
  - г) сульфонитрофенол
  - д) орто-метиланилин
9. В каких соединениях все заместители являются электроноакцепторами:
- а) орто-метилбензойная кислота
  - б) парааминобензойная кислота
  - в) нитробензойная кислота
  - г) метабромбензойная кислота

д) 1-бром-2-фторбензол

10. Какие высказывания НЕВЕРНЫ по отношению к мезомерному эффекту:

- а) имеет место не только в сопряженных системах
- б) передается на всю систему
- в) имеет место в  $p$ ,  $\pi$ -сопряженных системах
- г) имеет место только в  $\pi, \pi$ -сопряженных системах
- д) передается на 2-3 углеродных атома

11. Какие из высказываний об индуктивном эффекте НЕВЕРНЫ:

- а) передается по системе  $\sigma$ -связей
- б) имеет универсальный характер
- в) передается на всю молекулу
- г) является затухающим (передается на 2-3 атома углерода)
- д) передается по  $\sigma$ - и  $\pi$ -связям

## Глава 6.

1. Stereoisomers, arising as a result of rotation around a single bond, are called:

- а) трансизомеры
- б) цисизомеры
- в) конформеры
- г) эпимеры

2. Conformers are represented by projection formulas:

- а) Фишера
- б) Хеуорса
- в) Ньюмена
- г) Кекуле
- д) «кресло» и «ванна»

3. Which of the following statements are FALSE for meso-tartaric acid:

- а) содержит два асимметрических атома углерода
- б) обладает оптической активностью
- в) является рацематом винных кислот
- г) содержит плоскость симметрии

д) существует в виде пары энантиомеров D- и L-ряда

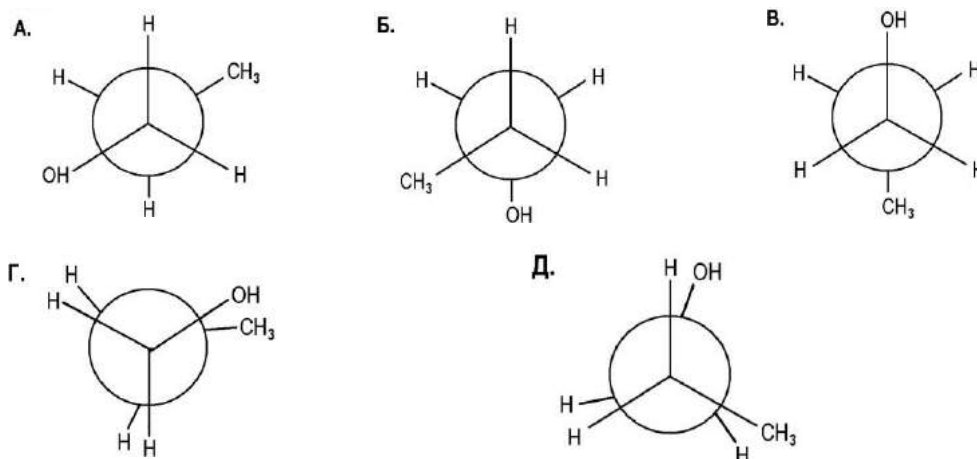
4. Какие из утверждений характерны только для энантиомеров:

- а) молекулы хиральны
- б) молекулы имеют плоскость симметрии
- в) обладают одинаковыми физическими свойствами, за исключением знака вращения плоскости поляризованного луча
- г) обладают одинаковыми химическими свойствами
- д) не являются зеркальным отражением друг друга

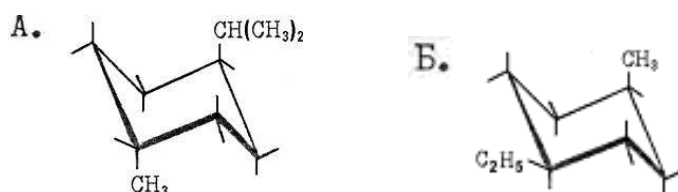
5. Какие утверждения НЕВЕРНЫ по отношению к винной кислоте:

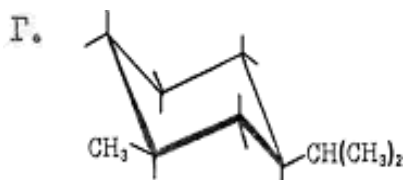
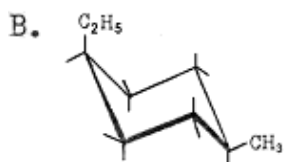
- а) не имеет плоскости симметрии
- б) не является диастереомером мезовинной кислоты
- в) существует в виде пары энантиомеров D- и L-ряда
- г) не обладает оптической активностью
- д) имеет ось симметрии

6. Какая из приведенных проекционных формул Ньюмена соответствует скошенной конформации пропанола-1:



7. В каком порядке увеличивается потенциальная энергия конформаций “кресло”, приведенных ниже производных циклогексана:





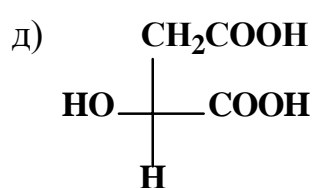
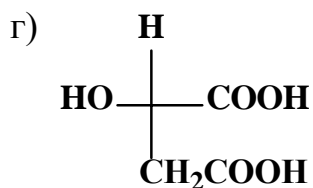
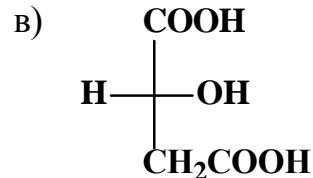
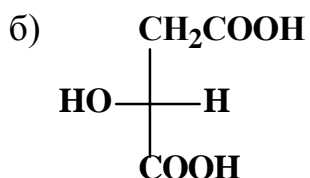
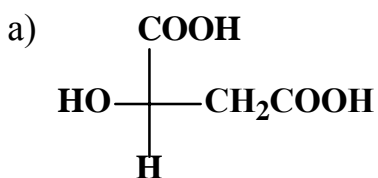
8. Какое из указанных соединений не имеет асимметрического атома углерода?

- а)  $\text{HOOCCH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{COOH}$
- б)  $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{CH}(\text{Cl})\text{CH}_3$
- в)  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$
- г)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{Br})\text{CH}_3$
- д)  $\text{HOOCCH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$

9. Какие из представленных соединений могут существовать в виде энантиомеров:

- а)  $\text{HOCH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{OH}$
- б)  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_2\text{OH})\text{COOH}$
- в)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$
- г)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{COOH}$
- д)  $\text{HOOC}\text{COCH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$

10. Какая из приведенных проекционных формул Фишера НЕ СООТВЕТСТВУЕТ D-яблочной кислоте:





## Глава 7.

1. Реакции расщепления вещества с присоединением воды называются:

- а) гетеролизом
- б) элиминированием
- в) гидролизом
- г) гомолизом
- д) этерификацией

2. Механизм химических реакций определяется:

- а) условиями
- б) способом разрыва связи
- в) конечными продуктами
- г) электронным строением связи

3. Для полярных связей характерны реакции:

- а) электрофильного замещения
- б) нуклеофильного замещения
- в) элиминирования
- г) нуклеофильного присоединения

4. Для неполярных связей характерны реакции:

- а) электрофильного замещения
- б) электрофильного отщепления
- в) радикального замещения
- г) нуклеофильного замещения

5. По механизму разрыва связей реакции могут быть:

- а) экзотермическими
- б) гомолитическими
- в) гетеролитическими
- г) эндотермическими

6. По направленности процесса реакции могут быть:

- а) замещения
- б) электрофильного присоединения
- в) гомолитическими
- г) гетеролитическими

7. Какие типы реакций характерны для гомолитического способа разрыва связей:
- а) радикального присоединения
  - б) элиминирования
  - в) нуклеофильного замещения
  - г) радикального замещения
  - д) электрофильного замещения
8. Какие типы реакций характерны для гетеролитического способа разрыва связей:
- а) радикального замещения
  - б) электрофильного замещения
  - в) нуклеофильного замещения
  - г) нуклеофильного присоединения
  - д) радикального присоединения
9. Какие из приведенных частиц являются нуклеофилами:
- а)  $\text{H}^-$
  - б)  $\text{SO}_3$
  - в)  $\text{ROH}$
  - г)  $\text{NO}_2$
  - д)  $\text{RNH}_2$
10. Какие из приведенных частиц являются электрофилами:
- а) карбокатион
  - б)  $\text{FeBr}_3$
  - в)  $\text{RSH}$
  - г)  $\text{AlCl}_3$
  - д)  $\text{NH}_3$
11. В каких из приведенных соединений имеет место гетеролитический разрыв связей:
- а)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
  - б)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$
  - в)  $(\text{CH}_3)_2\text{CCl}(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$
  - г)  $\text{CH}_2=\text{CHCH}=\text{CH}_2$

д)  $C_2H_5NH_2$

12. Для каких из указанных соединений характерен только гомолитический способ разрыва связей?

а)  $C_6H_5NH_2$

б)  $C_6H_{11}CH_3$

в)  $CH_3CHBrCH_3$

г)  $CH_3(CH_2)_3CH_3$

д)  $(CH_3)_2C(OH)CH_3$

## Раздел II.

### Глава 1.

1. К какому типу реакций относится взаимодействие циклогексана с хлором при облучении УФ-светом:

а) радикальное присоединение

б) радикальное замещение

в) нуклеофильное замещение

г) электрофильное замещение

д) нуклеофильное присоединение

2. По какому типу реакций протекает взаимодействие бутадиена-1, 3 с водой:

а) нуклеофильное присоединение

б) радикальное присоединение

в) электрофильное присоединение

г) электрофильное замещение

д) радикальное замещение

3. Какой из продуктов преимущественно образуется при монобромировании 2-метилпентана при УФО?

а)  $CH_3C(CH_3)BrCH_2CH_2CH_3$

б)  $(CH_3)_2CHCH_2CHBrCH_3$

в)  $CH_2BrCH(CH_3)CH_2CH_2CH_3$

г)  $(CH_3)_2CHCHBrCH_2CH_3$

д)  $(CH_3)_2CHCH_2CH_2CH_2Br$

4. К какому типу реакций относится взаимодействие метилбензола с хлором при УФО?
- а)  $S_e$
  - б)  $S_N$
  - в)  $A_e$
  - г)  $A_R$
  - д)  $S_R$
5. К какому типу реакций относится взаимодействие фенола с бромом в присутствии кислоты Льюиса:
- а) электрофильное присоединение.
  - б) электрофильное замещение
  - в) нуклеофильное замещение
  - г) нуклеофильное присоединение
  - д) радикальное замещение
6. К какому типу реакций относится взаимодействие циклогексана с бромом при УФО?
- а)  $S_R$
  - б)  $S_e$
  - в)  $S_N$
  - г)  $A_N$
  - д)  $A_R$
7. К какому типу реакций относится взаимодействие метилбензола с бромом в присутствии  $FeBr_3$ ?
- а)  $A_e$
  - б)  $S_e$
  - в)  $A_R$
  - г)  $S_R$
  - д)  $S_N$
8. Какой продукт образуется при полной гидратации 5-метил-гексадиен-2,5-ола-1 в кислой среде?
- а)  $(CH_3)_2C(OH)CH_2CH_2CH(OH)CH_2OH$
  - б)  $CH_2(OH)CH(CH_3)CH_2CH_2CH(OH)CH_2OH$
  - в)  $(CH_3)_2C=CHCH_2CH(OH)CH_2CH_2OH$
  - г)  $CH_2(OH)CH(CH_3)CH_2CH=CHCH_2OH$



9. Какие из перечисленных алкенов при взаимодействии с хлороводородом образуют 3-метил-3-хлоргексан?
- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}=\text{CHCH}_3$
  - $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CHCH}_2\text{CH}_3$
  - $\text{CH}_3\text{CH}=\text{C}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
  - $\text{CH}_2=\text{CHCH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
  - $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}=\text{CH}_2\text{CH}_3$
10. Какой из указанных диеновых углеводородов при взаимодействии с одним молекулой брома образует 2,5-дибромгексен-3?
- $\text{CH}_2=\text{CHCH}=\text{CHCH}_2\text{CH}_3$
  - $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$
  - $\text{CH}_2=\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$
  - $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}=\text{CHCH}_3$
  - $\text{CH}_3\text{CH}=\text{C}=\text{CHCH}_2\text{CH}_3$
11. Какие продукты образуются при взаимодействии изопрена с одним молекулой хлороводорода?
- $(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{CHCH}_2\text{Cl}$
  - $(\text{CH}_3)_2\text{CClCH}=\text{CH}_2$
  - $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{CHClCH}_3$
  - $\text{CH}_2(\text{Cl})\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}=\text{CH}_2$
  - $\text{CH}_2(\text{Cl})\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CHCH}_3$
12. Какие продукты образуются при сульфировании пиридина?
- о-сульфопиридин
  - м-сульфопиридин
  - п-сульфопиридин
  - о- и п-сульфопиридин
  - м- и п-сульфопиридин
13. Расположите в ряд по уменьшению способности вступать в реакции Se следующие соединения:
- 1) пурин
  - 2) бензол

- 3) пиридин  
 4) фенол  
 5) пиррол  
 а)  $4 > 5 > 2 > 3 > 1$ ; б)  $5 > 4 > 3 > 2 > 1$ ; в)  $4 > 2 > 3 > 5 > 1$ ; г)  $4 > 3 > 2 > 1 > 5$ ;  
 д)  $5 > 4 > 2 > 3 > 1$

## Глава 2.

1. Какие из указанных ионов и нейтральных молекул являются нуклеофильными реагентами?

- а)  $\text{H}^-$   
 б)  $\text{H}_2\text{O}$   
 в)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$   
 г)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$   
 д)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_2^+$

2. Какие из указанных соединений будут вступать в реакции  $\text{S}_{\text{N}}-1$ ?

- а)  $(\text{CH}_3)_3\text{CCl}$   
 б)  $\text{CH}_3\text{CCl}-\text{C}(\text{CH}_3)_3$   
 в)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{Br}$   
 г)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$   
 д)  $(\text{CH}_3)_2\text{C}(\text{OH})\text{CH}_2\text{CH}_3$

3. Какие из указанных соединений будут вступать в реакции  $\text{S}_{\text{N}}-2$ ?

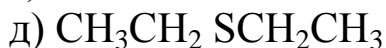
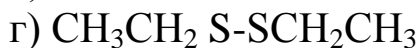
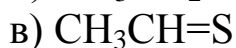
- а)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$   
 б)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$   
 в)  $(\text{CH}_3)_2\text{C}(\text{Cl})\text{CH}_2\text{CH}_3$   
 г)  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{Cl})\text{CH}_3$   
 д)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$

4. Какие из указанных реакций протекают по механизму элиминирования?

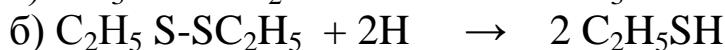
- а) окисление альдегидов  
 б) окисление спиртов  
 в) превращение ацеталей в полуацетали  
 г) образование иминов

д) образование фумаровой кислоты из яблочной

5. Какой из указанных продуктов образуется в результате мягкого окисления этантиола?



6. В каких из приведенных окислительно-восстановительных реакций продукты реакции указаны НЕВЕРНО?



### Глава 3.

1. Какие органические вещества и в каком соотношении необходимы для получения полуацеталей:

а) спирты и фенолы 1:3

б) кислоты и альдегиды 1:2

в) углеводы и амины 1:3

г) спирты и альдегиды 1:1

д) альдегиды и спирты 1:3

2. Какие органические вещества и в каком соотношении необходимы для получения ацеталей:

а) кислоты и основания 1:1

б) альдегиды и кетоны 1:3

в) углеводы и амины 1:2

г) альдегиды и спирты 1:2

д) альдегиды и спирты 1:3

3. При взаимодействии каких веществ образуются имины:

а) спирты и альдегиды

- б) альдегиды и амиды
- в) спирты и амины
- г) альдегиды и амины
- д) фенолы и амины

4. Какие цветные реакции характерны для альдегидов:

- а) реакция с  $\text{FeCl}_3$
- б) реакция с бромом
- в) реакция Троммера
- г) реакция Либена
- д) реакция Фелинга

5. При гидролизе каких из указанных соединений образуется пропаналь?

- а)  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OC}_3\text{H}_7)_2$
- б)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{OC}_2\text{H}_5)_2$
- в)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{NHC}_2\text{H}_5$
- г)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OC}_2\text{H}_5$
- д)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{SC}_2\text{H}_5)_2$

6. Какой из полученных продуктов НЕ СООТВЕТСТВУЕТ указанной реакции?

- а)  $\text{CH}_3\text{CH}=\text{O} + \text{HCN} \rightarrow$  оксинитрил
- б)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{O} + \text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2 \rightarrow$  основание Шиффа
- в)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{O} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightarrow$  альдегидалкоколь
- г)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{O} + \text{H}_2\text{N}-\text{NH}_2 \rightarrow$  гидразон
- д)  $\text{CH}_3\text{CH}=\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$  гем-диол

7. Какое из указанных соединений является продуктом реакции альдольной конденсации?

- а)  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}=\text{O}$
- б)  $\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{CH}=\text{O}$
- в)  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}(\text{OH})\text{CH}=\text{O}$
- г)  $\text{CH}_2(\text{OH})\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}=\text{O}$
- д)  $\text{CH}_2(\text{OH})\text{CH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}=\text{O}$

8. В каких из указанных сочетаний соединения можно различить ио-



доформной пробой?

- а)  $\text{CH}_3\text{COOH}$  и  $\text{CH}_3\text{COCH}_3$
- б)  $\text{CH}_3\text{COCH}_3$  и  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COCH}_2\text{CH}_3$
- в)  $\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{CH}_3$  и  $\text{CH}_3\text{OCH}_2\text{CH}_3$
- г)  $\text{CH}_3\text{COOH}$  и  $\text{CH}_3\text{CH}=\text{O}$
- д)  $\text{CH}_3\text{COCOON}$  и  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COON}$

9. При взаимодействии какой из пар соединений образуется 1-метоксибутанол-1?

- а)  $\text{H}_2\text{C}=\text{O}$  и  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$
- б)  $\text{CH}_3\text{OH}$  и  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$
- в)  $\text{CH}_3\text{CH}=\text{O}$  и  $\text{HOCH}_2(\text{CH}_2)_2\text{CH}_2\text{OH}$
- г)  $\text{CH}_3\text{OH}$  и  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}=\text{O}$
- д)  $\text{CH}_3\text{COCH}_3$  и  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$

Глава 4.

1. В результате каких из указанных реакций можно получить сложный эфир?

- а)  $\text{CH}_3\text{COCl} + \text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$
- б)  $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O} + \text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$
- в)  $\text{CH}_3\text{CONH}_2 + \text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$
- г)  $\text{CH}_3\text{COCl} + \text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$
- д)  $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_2=\text{CH}_2$

2. Какие из продуктов не будут образовываться в указанных реакциях?

- а)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COCl} + \text{CH}_3\text{SH} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{COSCH}_3$
- б)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} + (\text{CH}_3)_3\text{C-OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOC}(\text{CH}_3)_3$
- в)  $(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CO})_2\text{O} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OK} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOC}_2\text{H}_5$
- г)  $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{C}_6\text{H}_5\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOC}_6\text{H}_5$
- д)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COCl} + \text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CO NHC}_2\text{H}_5$

3. Какие из приведенных соединений будут вступать в реакцию с янтарной кислотой?

- а) аминоэтанол
- б) хлорангидрид уксусной кислоты
- в) этилбромид

- г) глицерин
- д) пропиониламид

4. Какие из указанных соединений не будут взаимодействовать с глицерином?

- а) хлорангидрид уксусной кислоты
- б) пропаналь
- в) ангидрид уксусной кислоты
- г) ацетамид
- д) этилацетат

5. При взаимодействии каких из указанных соединений образуется этилпропионат?

- а)  $C_2H_5COCl + C_2H_5OH \rightarrow$
- б)  $(CH_3CO)_2O + C_3H_7OH + H^+ \rightarrow$
- в)  $CH_3CH_2CH=O + C_2H_5OH + H^+ \rightarrow$
- г)  $C_2H_5OH + C_2H_5COOH + H^+ \rightarrow$
- д)  $C_3H_7CONH_2 + C_2H_5OH \rightarrow$

6. В результате каких из приведенных реакций можно получить пропиламид?

- а)  $CH_3CH_2COCl + NH_3 \rightarrow$
- б)  $CH_3CH_2COOCH_3 + NH_3 \rightarrow$
- в)  $CH_3CH_2CH=O + NH_3 \rightarrow$
- г)  $(CH_3CO)_2O + NH_2-NH_2 \rightarrow$
- д)  $CH_3CH_2COOH + NH_3$  (комнатная температура)  $\rightarrow$

7. Какая из указанных пар соединений образуется при гидролизе бутилацетата?

- а)  $(CH_3(CH_2)_2 COOH + C_2H_5OH$
- б)  $CH_3COOH + C_3H_7OH$
- в)  $CH_3CH_2COOH + C_3H_7OH$
- г)  $CH_3COOH + C_4H_9OH$
- д)  $CH_3CH=O + C_4H_9OH$

8. В какой последовательности уменьшается ацилирующая способность бензойной кислоты  $C_6H_5COOH$  (1) и ее функциональных производных  $C_6H_5COCl$  (2),  $(C_6H_5CO)_2O$  (3),  $C_6H_5CONH_2$  (4),



- а) 2>3>1>4>5
- б) 1>2>5>3>4
- в) 2>3>1>5>4
- г) 3>2>5>4>1
- д) 3>2>1>5>4

9. Какие высказывания об амидах карбоновых кислот НЕВЕРНЫ?

- а) образуются при взаимодействии хлорангирида карбоновой кислоты с аммиаком
- б) самые неустойчивые к гидролизу функциональные производные карбоновых кислот
- в) являются кристаллическими веществами с относительно высокими температурами плавления
- г) не вступают в реакции ацилирования
- д) обладают слабыми кислотно-основными свойствами

Глава 5.

1. Какие из соединений являются гетерофункциональными?

- а)  $\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{COOH}$
- б)  $\text{HOOC}-\text{CO}-\text{CH}_2-\text{COOH}$
- в)  $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{OH}$
- г)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$
- д)  $\text{CH}_2(\text{OH})\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{OH}$

2. Из каких приведенных кислот могут образоваться лактиды?

- а) 2-гидроксипропановая
- б) 3-гидроксипропановая
- в) 2-кетопропановая
- г) 4-амино-2-гидроксипропановая
- д) 2-аминопропановая

3. Какие из приведенных соединений могут образовать дикетопиперазины?

- а) 3-аминопропановая
- б) 2-аминоэтанол-1
- в) 2-аминопропановая кислота

- г) ацетамид
- д) 2-амино-3-оксобутановая кислота

4. Какие соединения могут образовывать лактоны?

- а)  $\beta$ -кетомасляная кислота
- б)  $\gamma$ -гидроксимасляная кислота
- в) ацетоуксусная кислота
- г)  $\delta$ -оксипентановая кислота
- д)  $\gamma$ -аминомасляная кислота

5. Какие из приведенных кислот легче подвергаются декарбоксилированию?

- а)  $\text{CH}_3\text{--COOH}$
- б)  $\text{HOOC--COOH}$
- в)  $\text{O=CH--COOH}$
- г)  $\text{CH}_3\text{--(CH}_2\text{)}_2\text{--COOH}$
- д)  $\text{HOOC--(CH}_2\text{)}_4\text{--COOH}$

6. Какие из приведенных соединений будут образовывать хелатные комплексы с гидроксидом меди (II)?

- а)  $\text{CH}_2(\text{OH})\text{CH}_2\text{OH}$
- б)  $\text{CH}_2(\text{NH}_2)\text{CH}_2\text{OH}$
- в)  $\text{CH}_2(\text{OH})\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{OH}$
- г)  $\text{CH}_2(\text{NH}_2)\text{COOH}$
- д)  $\text{HOOCCH}(\text{OH})\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$

7. Какие из названий НЕ СООТВЕТСТВУЮТ приведенным структурным формулам соединений?

- |   |                            |
|---|----------------------------|
| а) $\text{HOOCCH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{COOH}$ | янтарная кислота           |
| б) $\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{COOH}$            | ацетоуксусная кислота      |
| в) $\text{HOOCCH}_2\text{COCOON}$                   | пировиноградная кислота    |
| г) $\text{HOOCOCOCOON}$                             | ацетондикарбоновая кислота |
| д) $\text{HOOCCH}_2\text{COOH}$                     | малоновая кислота          |

8. Какие из гетерофункциональных соединений вступают в реакцию элиминирования?

- а)  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{CH}_2\text{COOH}$

- б)  $\text{HOOC-CO-COOH}$   
 в)  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$   
 г)  $\text{HOOCCH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$   
 д)  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)(\text{CH}_2)_5\text{COOH}$

9. Какая из химических реакций НЕ ВЕРНА?

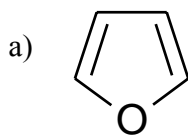
- а)  $\text{HOOC-CO-CH}_2\text{-COOC}_2\text{H}_5 + \text{HOH} + \text{H}^+ \rightarrow \text{HOOC-CO-CH}_2\text{-COOH} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$   
 б)  $\text{HOOC-CO-CH}_2\text{-COOC}_2\text{H}_5 + \text{NH}_3 \rightarrow \text{HOOC-CO-CH}_2\text{-CONH}_2 + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$   
 в)  $\text{HOOC-CO-CH}_2\text{-COOC}_2\text{H}_5 \rightarrow \text{CH}_3\text{CO-CH}_2\text{-COOC}_2\text{H}_5 + \text{CO}_2$   
 г)  $\text{HOOC-CO-CH}_2\text{-COOC}_2\text{H}_5 \leftrightarrow \text{HOOC-C(OH)=CH-COOC}_2\text{H}_5$   
 д)  $\text{HOOC-CO-CH}_2\text{-COOC}_2\text{H}_5 + \text{LiAlH}_4 \rightarrow \text{HOOC-CH(OH)-CH}_2\text{-COOC}_2\text{H}_5$

Глава 6.

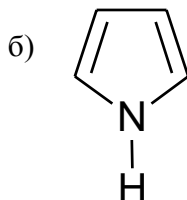
1. Какие из перечисленных соединений проявляют основные свойства?

- а) фуран  
 б) тиофен  
 в) тиазол  
 г) пиррол  
 д) пиразол

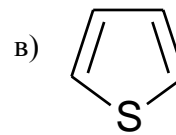
2. В каком из приведенных сочетаний НЕТ СООТВЕТСТВИЯ между структурной формулой и названием гетероцикла?



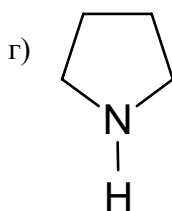
фуран



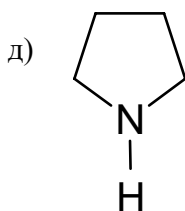
пиррол



тиофен



пиридин

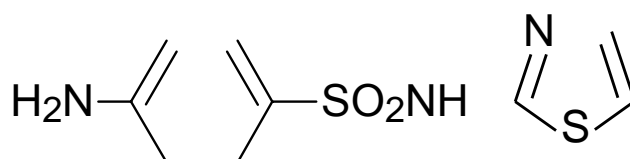


тетрагидрофуран

3. Какие из указанных гетероциклов проявляют ацидофобный характер?

- а) пиридин
- б) бензол
- в) пиррол
- г) фуран
- д) тиофен

4. Какой из указанных гетероциклов входит в состав сульфаниламидного препарата норсульфазола?



- а) пиридин
- б) тиазол
- в) тиофен
- г) имидазол
- д) пиразол

5. Для сульфирования какого из указанных соединений нельзя использовать серную кислоту?

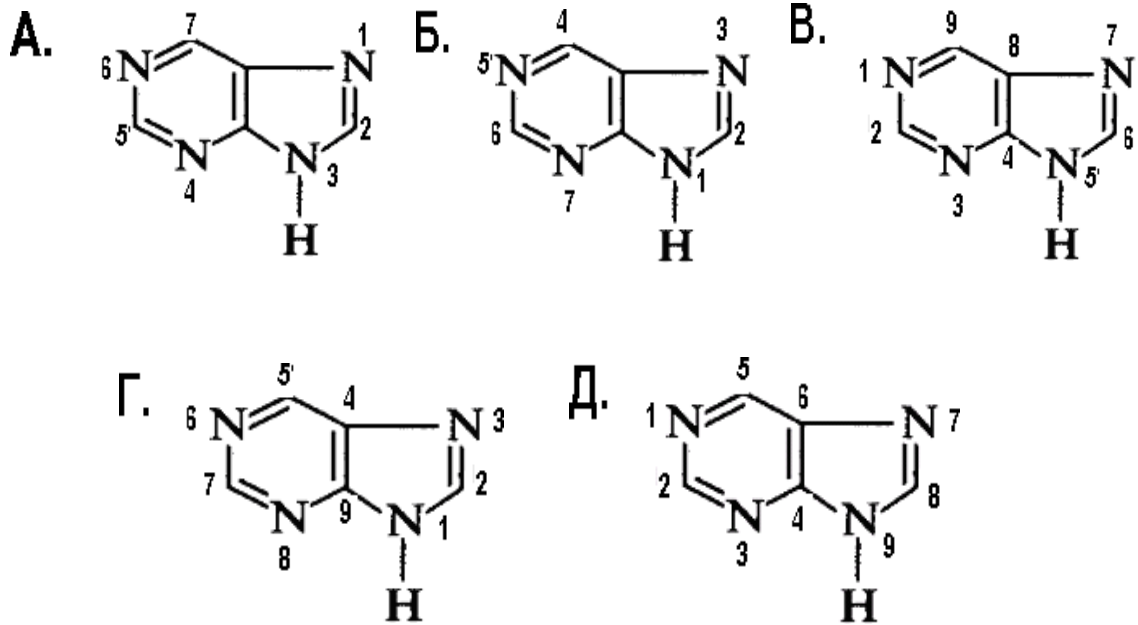
- а) пиридин
- б) хинолин
- в) имидазол
- г) тиазол
- д) пиррол

6. Какие из утверждений НЕ СООТВЕТСТВУЮТ тиофену?

- а) содержит пятичленный гетероцикл
- б) ацидофобен
- в) является ароматическим соединением
- г) не обладает основными свойствами из-за низкой электроотрицательности атома серы
- д) входит в состав витамина В<sub>1</sub>

7. Какой из приведенных вариантов нумерации ядра пурина СООТ-

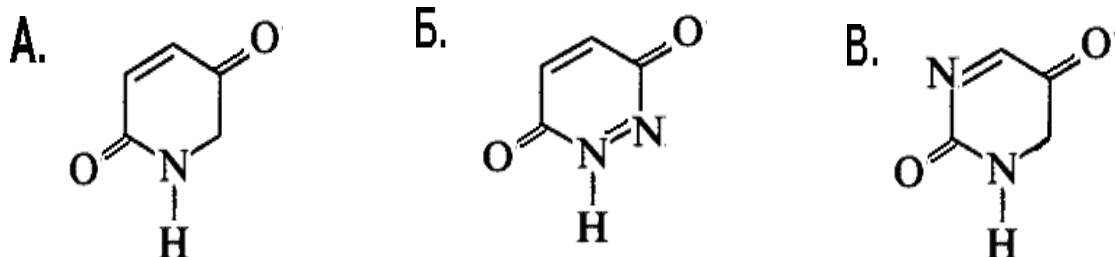
ВЕТСТВУЕТ правилам ИЮПАК?

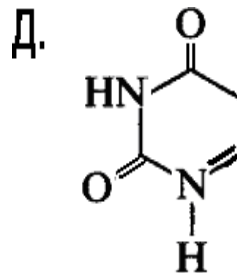
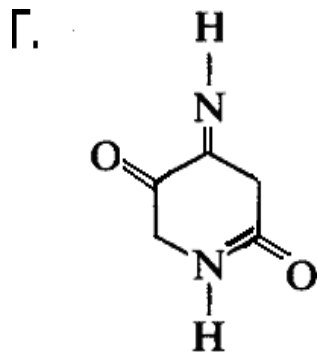


8. Какие утверждения НЕ СООТВЕТСТВУЮТ свойствам мочевой кислоты?

- а) может образовывать кислые и средние соли
- б) средние соли плохо растворимы
- в) кислые соли (кроме солей лития) хорошо растворимы
- г) соли мочевой кислоты называют уратами
- д) для мочевой кислоты характерна цикло-цепная таутомерия

9. Какая из приведенных формул соответствует 2,5-дикетопиперазину?





10. Какие из указанных гетероциклов содержатся в молекуле витамина В<sub>1</sub>?

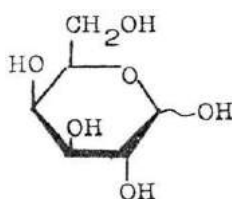
- а) тиофен
- б) тиазол
- в) пиразол
- г) пиридин
- д) пиримидин

## Глава 7.

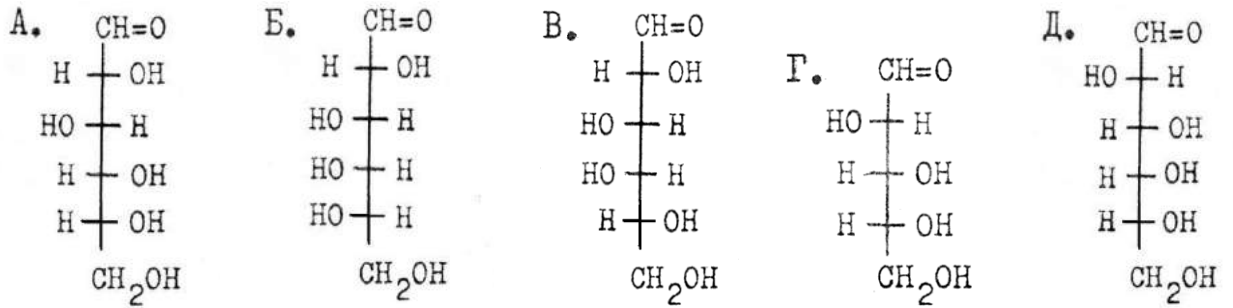
1. Какие утверждения ПРАВИЛЬНЫ по отношению к процессу кольчато-цепной таутомерии моносахаридов:

- а) в основе лежит способность моносахаридов к образованию 5- и 6-членных циклических полуацеталей
- б) в основе лежит способность к образованию простых эфиров
- в) в основе лежит способность моносахаридов к эпитомеризации в слабощелочной среде
- г) способность моносахаридов к реакции внутримолекулярного нуклеофильного замещения
- д) способность моносахаридов к реакции внутримолекулярного нуклеофильного присоединения

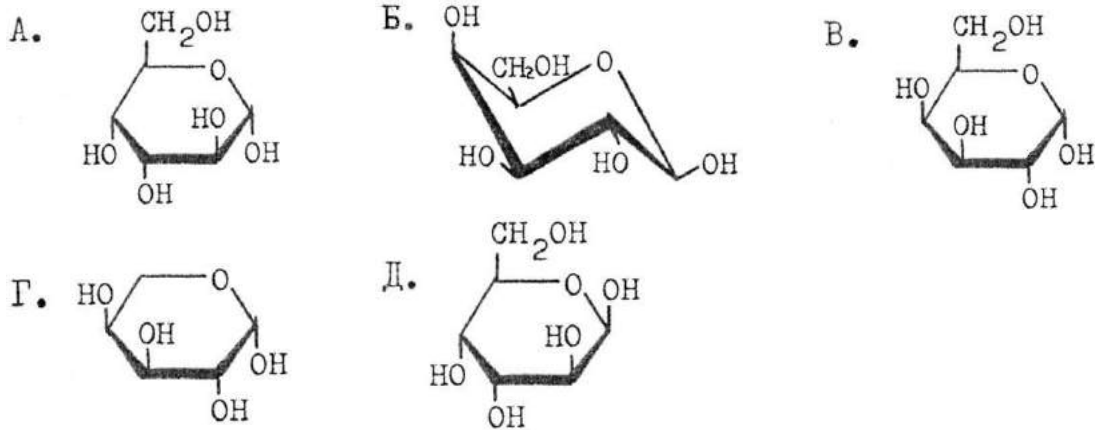
2. Какому моносахариду в цепной форме соответствует структура в циклической форме?



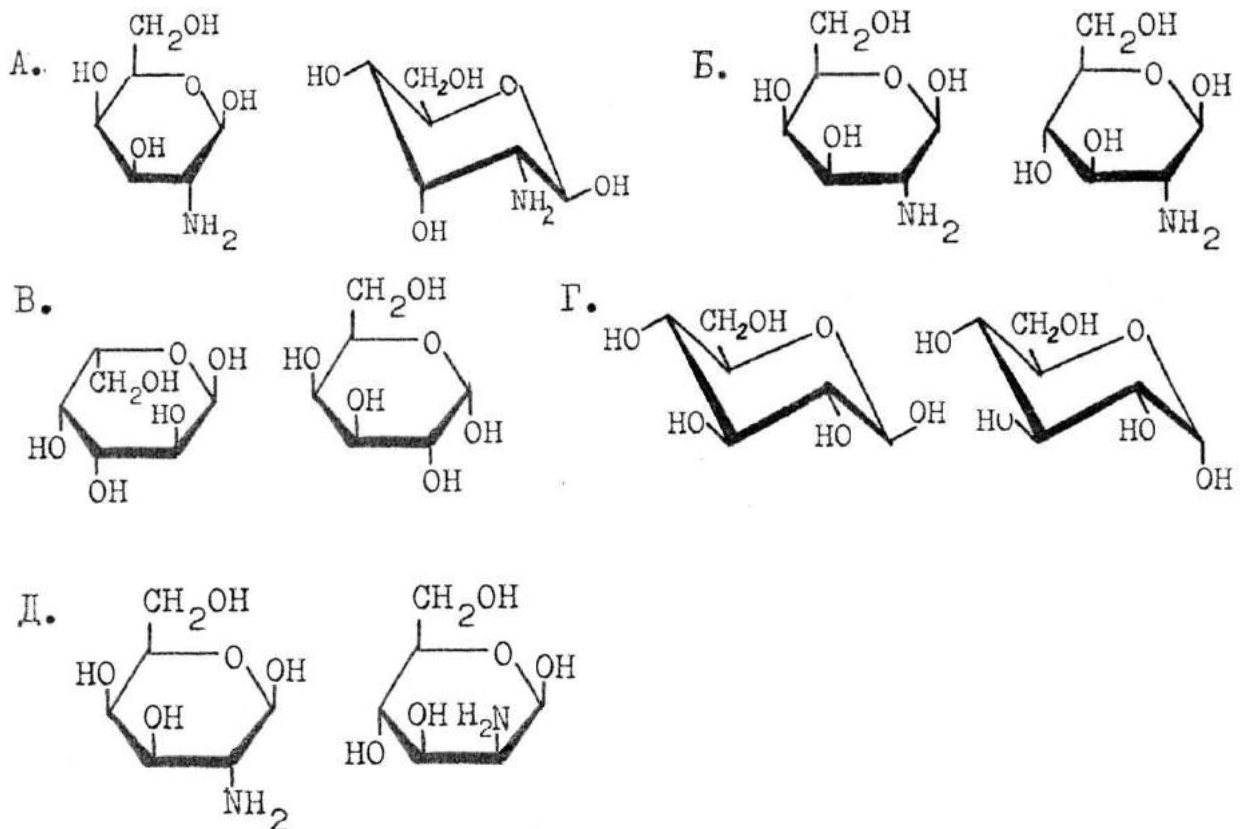




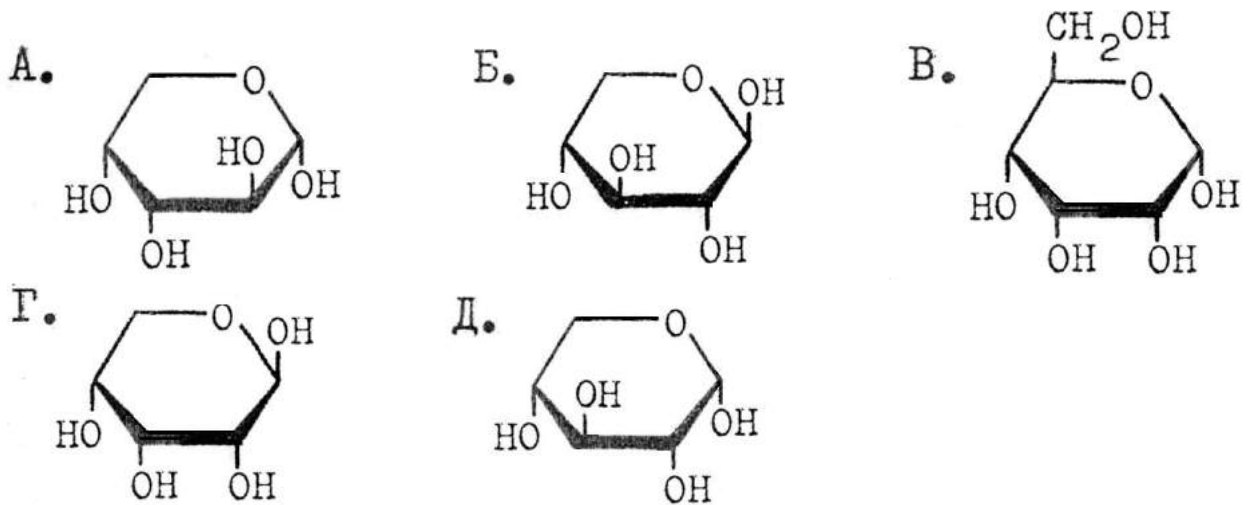
3. Какие стереоизомеры соответствуют D-галактопиранозе?



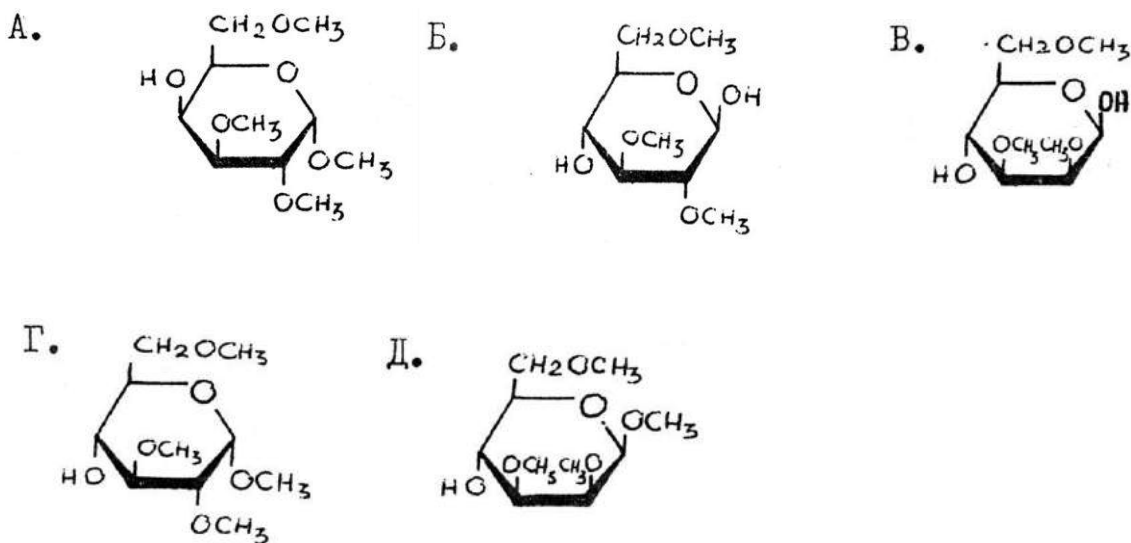
4. Какие из приведенных пар стереоизомеров являются 1) эпимерами, 2) аномерами:



5. Какое из приведенных соединений является аномером  $\alpha$ -D-рибопиранозы?



6. Какое из приведенных соединений соответствует 1) 2,3,6-три-О-метил- $\beta$ -D-маннопиранозе и 2) метил-2,3,6-три-О-метил- $\alpha$ -D-глюкопиранозиду?



7. Какими реакциями можно обнаружить глюкозу:

- а) Селиванова
- б) Фелинга
- в) Троммера
- г) Фоля
- д) Люголя

8. Какими реакциями можно обнаружить фруктозу:

- а) Фелинга
- б) Троммера
- в) Селиванова
- г) Либена
- д) Люголя

9. Какие из сахаридов являются восстанавливающими:

- а) мальтоза
- б) амилоза
- в) лактоза
- г) целлюлоза
- д) целлобиоза

10. Какое из названий соответствует сахарозе:

- а)  $\beta$ -D-галактопиранозил-(1-4)- $\alpha$ -D-глюкопираноза
- б)  $\alpha$ -D-глюкопиранозил-(1-2)- $\beta$ -D-фруктофуранозид
- в)  $\beta$ -D-глюкопиранозил-(1-4)- $\beta$ -D-фруктопираноза
- г)  $\alpha$ -D-глюкопиранозил-(1-4)- $\beta$ -D-глюкопиранозид
- д)  $\alpha$ -D-фруктопиранозил-(1-2)- $\beta$ -D-галактопиранозид

11. Какие таутомеры образуются при гидролизе O-метил-  $\alpha$ -D-маннопиранозида:

- а) D-манноза (оксоформа)
- б)  $\alpha$ -D-маннопираноза и  $\alpha$ -D-маннофураноза
- в) метил-  $\alpha$ -D-маннопиранозид
- г) метил- $\beta$ -D-маннопиранозид
- д)  $\beta$ -D-маннопираноза и  $\beta$ -D-маннофураноза

12. Какое название соответствует лактозе?

- а)  $\beta$ -D-глюкопиранозил- 1-4 -  $\beta$ -D-глюкопираноза
- б)  $\beta$ -D-галактопиранозил- 1-4-  $\beta$ -D-глюкопираноза
- в)  $\alpha$ -D-галактопиранозил-1-4- $\beta$ -D-глюкопираноза
- г)  $\beta$ -D-галактопиранозил-1-4- $\beta$ -D-глюкопиранозид
- д)  $\beta$ -D-глюкопиранозил-1-4- $\alpha$  -D-глюкопиранозид

13. Какие полисахариды являются гликозаминогликанами:
- а) гиалуроновая кислота
  - б) амилопектин
  - в) гепарин
  - г) целлюлоза
  - д) кератансульфаты
14. Какие из указанных углеводов являются дисахаридами:
- а) эритроза
  - б) сахароза
  - в) лактоза
  - г) амилоза
  - д) седогептулоза
15. Какие из указанных углеводов НЕ ОБЛАДАЮТ восстанавливающими свойствами:
- а) амилопектин
  - б) мальтоза
  - в) сахароза
  - г) целлюлоза
  - д) ксилит
16. Какие из приведенных утверждений НЕ СООТВЕТСТВУЮТ сахарозе:
- а) содержит  $\beta$ -D-фруктофуранозу
  - б) обладает восстанавливающими свойствами
  - в) содержит озидо-озидную связь
  - г) обладает способностью к оксо-цикло-таутомерии
  - д) может образовывать простые и сложные эфиры
17. Какие из приведенных утверждений НЕ СООТВЕТСТВУЮТ целлобиозе:
- а) содержит остатки  $\beta$ -D-глюкозы
  - б) содержит остатки  $\alpha$ -D-глюкозы
  - в) содержит озидо-озидную связь
  - г) является биозным фрагментом амилозы
  - д) обладает восстанавливающими свойствами

18. Какие из приведенных гликанов являются гомополисахаридами:

- а) гиалуроновая кислота
- б) гликоген
- в) гепарин
- г) крахмал
- д) клетчатка

19. Какие из утверждений соответствуют кератансульфатам?

- а) содержат галактозамин
- б) имеют кислый характер
- в) содержат глюкуроновую кислоту
- г) содержат фукозу
- д) имеют нейтральный характер

20. Биозный фрагмент какого из указанных гликозаминогликанов содержит L-глюкуроновую кислоту?

- а) кератансульфат-1
- б) дерматансульфат
- в) гиалуроновая кислота
- г) хондроитин-4-сульфат
- д) хондроитин-6-сульфат

21. Декстрины образуются при гидролизе:

- а) гликогена
- б) декстранов
- в) крахмала
- г) амилопектина
- д) мурамина

## Глава 8.

1. Какие из приведенных аминокислот являются незаменимыми:

- а) тирозин
- б) фенилаланин
- в) триптофан
- г) пролин
- д) гистидин

2. Какие из приведенных аминокислот имеют кислый характер:

- а) аланин
- б) глутаминовая
- в) цистеин
- г) аспарагиновая
- д) аспарагин

3. Какие из приведенных аминокислот имеют основной характер:

- а) лейцин
- б) лизин
- в) глутамин
- г) аргинин
- д) пролин

4. Какие из приведенных аминокислот являются ароматическими:

- а) пролин
- б) гистидин
- в) глицин
- г) тирозин
- д) триптофан

5. В результате какой реакции образуется ПВК:

- а) внутримолекулярного дезаминирования аланина
- б) гидролитического дезаминирования аланина
- в) восстановительного дезаминирования аланина
- г) окислительного дезаминирования аспарагиновой кислоты
- д) переаминирования аланина с ЩУК

6. Серотонин образуется при:

- а) декарбоксилировании треонина
- б) декарбоксилировании 5-окситриптофана
- в) окислительном дезаминировании триптофана
- г) декарбоксилировании триптофана
- д) окислительном декарбоксилировании гистидина

7. Какая  $\alpha$ -кетокислота образуется при реакции трансаминирования  $\alpha$ -аланина:
- $\text{HOOC-CO-(CH}_2\text{)}_2\text{-COOH}$
  - $\text{HOOC-CO-CH}_2\text{-C}_6\text{H}_5$
  - $\text{HOOC-CO-CH}_3$
  - $\text{HOOC-CH}_2\text{-CH=O}$
  - $\text{HOOC-CH}_2\text{-CO-CH}_3$
8. В каких приведенных ниже случаях НЕТ СООТВЕТСТВИЯ между структурной формулой и названием аминокислоты:
- аспарагиновая кислота  $\text{HOOC-CH}_2\text{-CH(NH}_2\text{)-COOH}$
  - метионин  $\text{HS-CH}_2\text{-CH(NH}_2\text{)-COOH}$
  - триптофан  $\text{CH}_3\text{-CH(OH)-CH(NH}_2\text{)-COOH}$
  - треонин  $\text{CH}_2\text{(OH)-CH(NH}_2\text{)-COOH}$
  - валин  $\text{(CH}_3\text{)}_2\text{-CH-CH(NH}_2\text{)-COOH}$
9. Какая из приведенных форм аспарагиновой кислоты будет преобладать при pH 12:
- $\text{HOOC-CH}_2\text{-CH(NH}_2\text{)-COOH}$
  - $\text{HOOC-CH}_2\text{-CH(NH}_2\text{)-COO}^-$
  - $\text{HOOC-CH}_2\text{-CH(NH}_3^+\text{)-COO}^-$
  - $\text{HOOC-CH}_2\text{-CH(NH}_3^+\text{)-COOH}$
  - $^- \text{OOC-CH}_2\text{-CH(NH}_2\text{)-COO}^-$

## Глава 9.

1. Какие из приведенных пептидов имеют кислый характер:
- Асп-Лиз-Гли
  - Асп-Фен-Тир
  - Лиз-Асп-Глу
  - Арг-Глу-Фен
  - Сер-Цис-Асн
2. Какие из приведенных пептидов имеют нейтральный характер:
- Ала-Вал-Мет
  - Гли-Цис-Асн
  - Три-Тре-Глу
  - Про-Мет-Лиз

д) Арг-Глу-Сер

3. Какие из приведенных пептидов имеют основной характер:

- а) Гли-Сер-Мет
- б) Вал-Лиз-Глу
- в) Три-Тре-Арг
- г) Глн-Вал-Лиз
- д) Про-Тир-Асп

4. Какими цветными реакциями можно обнаружить пептид цис-про-тре:

- а) биуретовой
- б) нингидриновой
- в) Миллона
- г) ксантопротеиновой
- д) Фоля

5. Какими цветными реакциями можно обнаружить пептид фен-мет-асп:

- а) биуретовой
- б) нингидриновой
- в) Миллона
- г) ксантопротеиновой
- д) Фоля

## Глава 10.

1. Какие из утверждений НЕВЕРНЫ для первичной структуры белков:

- а) основной ковалентной связью является дисульфидная
- б) определяет последовательность соединения аминокислот
- в) определяет биологическую активность белка
- г) можно определить методом Сенгера
- д) можно определить методом Серенсена

2. Какие из утверждений НЕВЕРНЫ для вторичной структуры белков:

- а) формируется в результате стабилизации первичной



структуры

- б) отвечает за видовую специфичность белка
- в) может быть в виде  $\alpha$ -спирали
- г) может быть в виде «кленового листа»
- д) может быть в виде складчатого листа ( $\beta$ -структуры)

3. Какие из утверждений НЕВЕРНЫ для третичной структуры белка:

- а) определяет биологическую активность белка
- б) в ее образовании принимают участие ковалентные, водородные связи
- в) двухмерна
- г) изучается методом Эдмана
- д) изменение ее называют денатурацией

4. Какими методами изучается первичная структура белка:

- а) гидролиз
- б) Эдмана
- в) дансильный
- г) рентгеноструктурный
- д) Либена

5. Какие белки являются сложными:

- а) альбумины
- б) гемоглобин
- в) инсулин
- г) гликопротеины
- д) глобулины

Глава 11.

1. Пуриновыми основаниями нуклеиновых кислот являются:

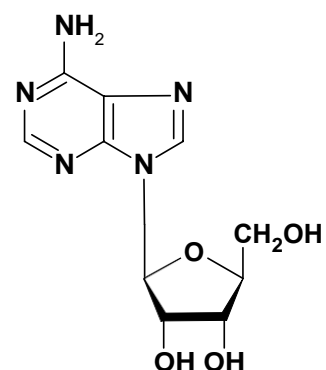
- а) аденин
- б) гуанин
- в) 6-меркаптопурин
- г) N-6-метиламинопурин
- д) 6-гидроксипурин

2. Пиримидиновыми основаниями нуклеиновых кислот являются:

- а) 5-фторурацил
- б) урацил
- в) 5-оксиметилцитозин
- г) тимин
- д) цитозин

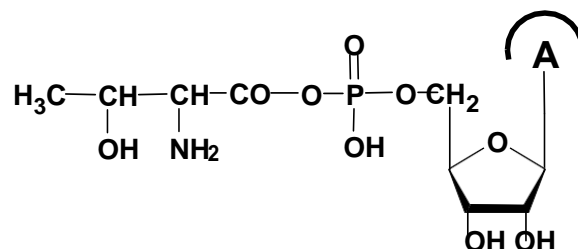
3. Какое из названий СООТВЕТСТВУЕТ приведенному нуклеозиду?

- а) гуанозин
- б) тимидин
- в) аденозин
- г) гипоксантин
- д) цитозин



4. Из какой пары соединений образуется приведенный продукт?

- а) АМФ и 1-аминопропанол-2
- б) АТФ и серин
- в) АДФ и треонин
- г) АТФ и тирозин
- д) АТФ и треонин



5. Какие из нуклеотидов входят в состав ДНК:

- а) аденозин-5-фосфат
- б) гуанозин-3-фосфат
- в) тимидиловая кислота
- г) цитидиловая кислота
- д) уридин-5-фосфат

6. Какие из нуклеотидов входят в состав РНК:

- а) уридиловая кислота
- б) тимидин-5-фосфат
- в) аденозин-3-фосфат
- г) гуаниловая кислота

д) цитидиловая кислота

7. Какое из высказываний о ЦДФ-холине НЕВЕРНО:

- а) является пиримидиновым динуклеотидом
- б) содержит метилированный этаноламин
- в) содержит макроэргическую и две сложноэфирные связи
- г) участвует в синтезе фосфатидилэтаноламина
- д) содержит N-гликозидную связь

8. В состав нуклеотидных фрагментов ДНК входят:

- а) пурин
- б) тимидин
- в) гуанин
- г) гипоксантин
- д) дезоксирибоза

9. В состав нуклеотидных фрагментов РНК входят:

- а) уридин
- б) дезоксирибоза
- в) тимидин
- г) цитидин
- д) 5-оксиметилцитозин

10. Какие из утверждений о строении ДНК НЕВЕРНЫ:

- а) нуклеотиды соединены в полинуклеотидную цепь фосфоэфирной связью
- б) азотистые основания включаются в лактимной форме
- в) этерефикация возможна как по С-5, так и по С-3
- г) комплементарные основания удерживаются водородными связями
- д) сумма  $A+T = G+C$

11. Какие из высказываний о ФАФС являются НЕВЕРНЫМИ:

- а) является пиридиновым нуклеотидом
- б) содержит N-гликозидную связь
- в) содержит два остатка фосфорной кислоты
- г) участвует в синтезе хондроитинсульфатов

д) участвует в обезвреживании токсических веществ

12. Какие из высказываний о ц-3,5-АМФ НЕВЕРНЫ:

- а) является пуриновым нуклеотидом
- б) содержит макроэргическую связь
- в) содержит N-гликозидную и сложноэфирную связь
- г) содержит четыре цикла
- д) является нейромедиатором

Глава 12.

1. Какая из ненасыщенных жирных кислот является  $\omega$ -3 кислотой?

- а) олеиновая
- б) линолевая
- в) арахидоновая
- г) линоленовая
- д) пальмитоолеиновая

2. Триолеин превращается в тристеарин в результате реакции:

- а) омыления
- б) гидролиза
- в) окисления
- г) гидрогенизации
- д) гидроксирования

3. Какое из указанных веществ не входит в состав фосфолипидов:

- а) холин
- б) этаноламин
- в) глицин
- г) серин
- д) фосфорная кислота

4. Какое из указанных веществ не входит в состав гликолипидов:

- а) глюкоза
- б) галактоза
- в) цереброновая кислота
- г) пальмитиновая кислота
- д) сфингозин

5. Какое из утверждений НЕВЕРНО по отношению к холестерину:
- а) является непредельным циклически спиртом
  - б) синтезируется только в организме человека
  - в) в основе лежит циклопентанпергидрофенантрен
  - г) является предшественником витамина Д
  - д) является вторичным спиртом
6. Какое из утверждений НЕВЕРНО по отношению к витамину А:
- а) является полиненасыщенным соединением
  - б) содержит  $\beta$ -иононовое кольцо
  - в) является дитерпеном
  - г) при недостатке в организме развивается рахит
  - д) предшественником витамина являются каротины
7. Какое из утверждений НЕВЕРНО по отношению к холевой кислоте:
- а) в основе лежит ядро холана
  - б) содержит три оксигруппы в положениях 3, 7, 12
  - в) способствует перевариванию гликогена
  - г) ее предшественником является холестерин
  - д) активирует липазы
8. Какое из утверждений НЕВЕРНО по отношению к прогестерону:
- а) является стероидным гормоном
  - б) в основе лежит ядро прегнана
  - в) содержит у С-3 кетогруппу
  - г) влияет на созревание сперматозоидов
  - д) является непредельным соединением

**ОТВЕТЫ на тестовые задания**

<b>Раздел I</b>			
<b>Глава 1</b>	<b>Глава 2</b>	<b>Глава 3</b>	<b>Глава 4</b>
1. б, г	1. г	1. б	
2. в	2. г	2. в	1. а, б
	3. г, д	3. б	2. б, в, д
	4. в, г, д	4. а	3. в, д
	5. а, г, д		4. г
	6. а, б, г, д		
	7. б, д		
<b>Глава 5</b>	<b>Глава 6</b>	<b>Глава 7</b>	<b>Глава 8</b>
1. г	1. в	1. в	1. г
2. а, г, д	2. в, д	2. б	2. г
3. б, в, г	3. б, в	3. б	3. г
4. а, в, д	4. а, в, г	4. в	4. в, д
5. б, в, г	5. б, г, д	5. б, в	5. б, в, д
6. г	6. б	6. а, б	6. в
7. б, в, д	7. г, б, в, а	7. г	7. а
8. в, д	8. а	8. б, в	8. б, в, д
9. в, г	9. б, в, г	9. а, в, д	9. г
10. а, г, д	10. а	10. а, б, г	
11. в, д		11. а, в, д	
		12. б, г	
<b>Раздел II</b>			
<b>Глава 1</b>	<b>Глава 2</b>	<b>Глава 3</b>	<b>Глава 4</b>
1. б	1. а, б, в, г	1. г	1. г, д
2. б	2. а, б, д	2. г	2. б, д
3. в	3. а, б, г	3. г	3. в, д
4. а	4. б, д	4. в, д	4. б, г, д
5. д	5. г	5. б, в, д	5. а, г
6. а	6. а, в	6. в	6. а, б
7. б		7. а	7. г
8. а		8. б, в, д	8. в
9. б, в		9. г	9. б, г
10. г			
11. а, д			
12. б			
13. д			

<b>Глава 5</b>	<b>Глава 6</b>	<b>Глава 7</b>	
1. б, в	1. в, д	1. а, д	11. б, д
2. а, г	2. г	2. в	12. б
3. в, д	3. в, г	3. б, в	13. а, в, д
4. б, г	4. б	4. 1-б, 2-г	14. б, в
5. б, в	5. д	5. в	15. а, в, г, д
6. а, в, д	6. б	6. 1-в, 2-г	16. б, г
7. а, в, г	7. д	7. б, в	17. б, в, г
8. а, б, г	8. б, в, д	8. а, б, в	18. б, г, д
9. в	9. г	9. а, в, д	19. а, г, д
	10. б, д	10. б	20. б
			21. а, в, г
<b>Глава 8</b>	<b>Глава 9</b>	<b>Глава 10</b>	<b>Глава 11</b>
1. б, в, д	10. б, в	15. а, в, д	1. а, б, д
2. б, г	11. а, б, д	16. б, г	2. б, в, г, д
3. б, г	12. в, г	17. в, г	3. в
4. б, г, д	13. а, б, д	18. а, б, в	4. д
5. д	14. а, б, г	19. б, г	5. а, в, г
6. б			6. а, г, д
7. в			7. а, г
8. б, в, г			8. б, в, д
9. д			9. а, г, д
			10. б, в, д
			11. а, г
			12. б, д
<b>Глава 12</b>			
1. г			
2. г			
3. в			
4. г			
5. б			
6. г			
7. в			
8. г			

## ЛИТЕРАТУРА

### Основная:

1. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И. Биоорганическая химия. – М.: Дрофа, 2004. – 544 с.
2. Слесарев В.И. Основы химии живого. – С-Пб.: Химиздат, 2000. – 768 с.

### Дополнительная:

1. Березов Т.Т., Коровкин Б.Ф. Биологическая химия. – М.: Медицина, 2004. – 704 с.
2. Овчинников Ю.А. Биоорганическая химия. – М.: Просвещение, 1987. – 815 с.
3. Органическая химия /Под ред. Тюкавкиной Н.А. – М.: Дрофа, 2002. кн.1. – 632 с.