

## Глава 14. Химия некоторых азотсодержащих органических веществ и полимеров

### 14.1. Общая характеристика азотсодержащих органических веществ. Нитросоединения и эфиры азотной кислоты.

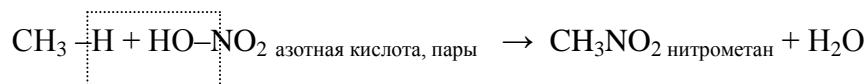
Органические соединения, в состав молекул которых входят атомы азота, относят к **азотсодержащим** органическим веществам.

Характер этих соединений многообразен, они включают много классов органических веществ. В данной главе кратко рассмотрены наиболее важные азотсодержащие органические вещества: нитросоединения, эфиры азотной кислоты, амины, аминокислоты, белки, азотистые основания и нуклеиновые, кислоты.

**Нитросоединения** – производные углеводородов, в молекулах которых атомы водорода замещены на нитрогруппу ( $-\text{NO}_2$ ). Они содержат много классов веществ, так как различаются числом нитрогрупп в молекуле, содержат различные радикалы и др. Наибольший интерес представляют:

1. Предельные ( $\text{CH}_3\text{NO}_2$ ; нитрометан), непредельные ( $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2\text{NO}_2$ , 3-нитропропен-1); ароматические ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$ , нитробензол) моонитросоединения.

2. Нитросоединения различающиеся числом нитрогрупп в молекуле; моно- (см. 1); ди- (динитробензолы;  $\text{C}_6\text{H}_4(\text{NO}_2)_2$  – различные изомеры) тринитросоединения (1,3,5 тринитробензол –  $\text{C}_6\text{H}_3(\text{NO}_2)_3$ ) и др. Их *получают* при нитровании углеводов (см.

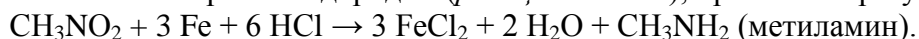


11.3).

Существуют нитросоединения в молекулах, которых содержатся другие функциональные группы, например тринитрофенол (см. 13.8) и др.

Физические и химические свойства нитросоединений многообразны.

В генетическом отношении наиболее важным является их способность к восстановлению атомарным водородом (*реакция Зинина*); при этом образуются амины:



К нитросоединениям функционально близки эфиры азотной кислоты, например тринитроглицерин (13.7), тринитроклетчатка (13.23) и другие аналогичные соединения.

Одним из важнейших свойств веществ, содержащих нитрогруппы, является их способность к взрыванию (бризантность), поэтому их применяют во взрывных работах. Некоторые соединения (тринитроглицерин) применяют в медицине. Нитросоединения используют для получения аминов, а также в проведении различных органических синтезов.

Эти соединения требуют осторожного обращения из-за способности взрываться, а также из-за своей токсичности. Токсичность и бризантность определяют отрицательную экологическую роль нитросоединений.

#### **Задания для самостоятельной работы.**

1. Почему нитросоединения относят к азотсодержащим органическим веществам; приведите два примера этих веществ.

2. Назовите три группы нитросоединений исходя из характера углеводородных радикалов, в них содержащихся.

3. Приведите два обоснованных примера, иллюстрирующих области использования нитросоединений.

4. Приведите два обоснованных примера, иллюстрирующих экологическую роль нитросоединений.

#### 14.2. Общая характеристика аминов.

Органические вещества, являющиеся продуктами замещения атомов водорода на углеводородный радикал в молекуле аммиака, называются **аминами**.

Амины многообразны и имеют сложную классификацию:

По числу атомов водорода в молекуле аммиака, замещенных на углеводородные радикалы, различают *первичные, вторичные* и *третичные* амины.

**Первичными** называют амины, содержащие аминогруппу ( $-\text{NH}_2$ ), которые являются продуктами замещения одного атома водорода на углеводородный радикал.

Общая формула:  $\text{R}-\text{NH}_2$ ; метиламин  $\text{CH}_3-\text{NH}_2$ ; фениламин (анилин)  $\text{C}_6\text{H}_5-\text{NH}_2$  являются первичными аминами.

**Вторичными** называют амины, которые являются продуктами замещения двух атомов водорода в молекуле аммиака на углеводородные радикалы

$\text{R}-\text{NH}-\text{R}$  (общая формула);  $\text{CH}_3-\text{NH}-\text{CH}_3$  (диметиламин; вторичный предельный амин)

**Третичными** называют амины, которые являются продуктами замещения трех атомов водорода на углеводородные радикалы в молекуле аммиака.

Общая формула:  $\text{R}-\text{N}-\text{R}$ ;  $\text{N}(\text{CH}_3)_3$  (триметиламин; третичный, предельный амин).

По характеру углеводородного радикала амины подразделяют на предельные (метиламин); непредельные (аллиламин:  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{NH}_2$ ); ароматические (анилин) и др.

По числу аминогрупп в молекуле амина различают моноамины (анилин) и диамины [этилендиамин ( $\text{NH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$ );  $\text{NH}_2(\text{CH}_2)_2\text{NH}_2$  – гексаметилендиамин и др.] и др.

Химические свойства аминов определяются аминогруппой (или атомом азота в  $\text{sp}^3$ -гибридном состоянии); атом азота в своем составе содержит валентную неподеленную электронную пару, способную к образованию химической связи по донорно-акцепторному механизму. Они проявляют осно́вные свойства, т.е. амины являются органическими основаниями (взаимодействуют с кислотами и др.).

Осно́вные свойства у аминов зависят от характера углеводородного радикала: предельные амины проявляют более сильные осно́вные свойства, чем аммиак, при этом сила оснований растет в ряду:

**Первичный амин → Вторичный амин → Третичный амин (предельные амины).**

Ароматические амины проявляют более слабые, чем *аммиак*, осно́вные свойства. Сила ароматических аминов, как оснований закономерно уменьшается от *первичных* к *третичным*. Кроме того, химические свойства аминов определяются характером углеводородного радикала.

Проявляют амины и специфические свойства (окисление азотной кислотой и др.).

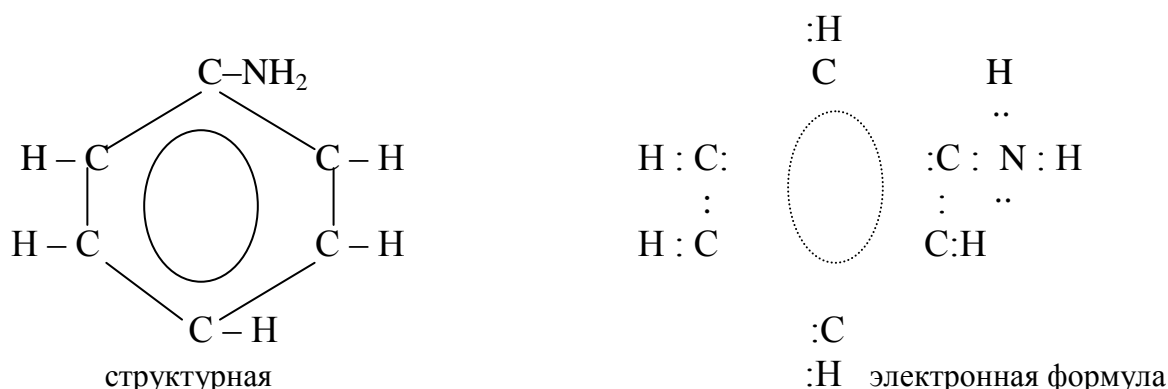
Получают амины реакцией Зинина, взаимодействием галогенопроизводных с аммиаком и другими способами.

#### **Задания для самостоятельной работы.**

1. Какие вещества относят к аминам?
2. Назовите классы аминов по характеру углеводородного радикала, приведите формулы и названия каждого класса аминов.
3. Почему амины являются органическим основаниями?
4. Распределите амины, названия которых приведены в задании, по их силе как оснований в порядке усиления: а) фениламин; б) триметиламин; в) дифениламин; г) метиламин; д) трифениламин.

### 14.3 Анилин

**Общая характеристика.**  $C_6H_5NH_2$  (эмпирическая формула);



Взаимное влияние атомов в молекуле анилина такое же, как и в феноле (на свойства бензольного ядра; см. фенол). Влияние бензольного ядра на свойства аминогруппы состоит в том, что оно оттягивает к себе электронные облака от атома азота, чем ослабляет основные свойства аминогруппы (анилин является более слабым основанием, чем  $NH_4OH$  и предельные амины).

**Физические свойства.** Анилин – бесцветная, маслянистая жидкость. Малорастворим в воде. Химически чистый анилин бесцветен; цвет анилина, встречающегося в лаборатории, светло-коричневый, так как он частично окисляется кислородом воздуха. Очень токсичен.

**Химические свойства.**

1. Горит:  $C_6H_5NH_2 + O_2 \rightarrow N_2 + CO_2 + H_2O$  (уравняйте!)

2. Разлагается:  $C_6H_5NH_2 \rightarrow C + H_2O + N_2 + \text{другие продукты}$

3. Проявляет свойства оснований:

3.1.  $C_6H_5NH_2 + HCl \rightarrow [C_6H_5NH_3]Cl$  (солянокислый анилин)

3.2.  $2C_6H_5NH_2 + H_2SO_4 \rightarrow [C_6H_5NH_3]_2SO_4^{2-}$  (сернокислый анилин)

Солянокислый и сернокислый анилин представляют собой соли фениламмония; они по свойствам напоминают соли аммония.

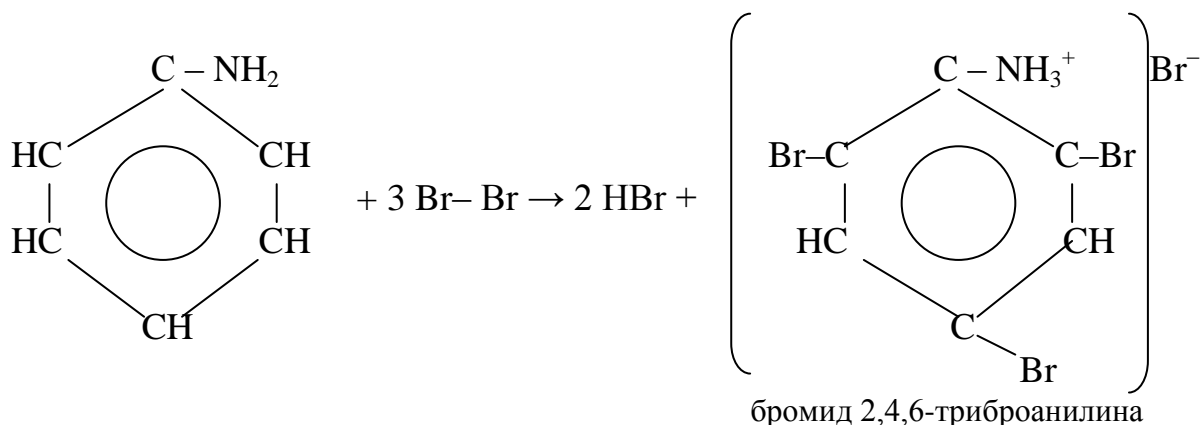
Анилин, в отличие от аммиака, практически не взаимодействует с водой, его раствор в воде не изменяет окраски индикаторов.

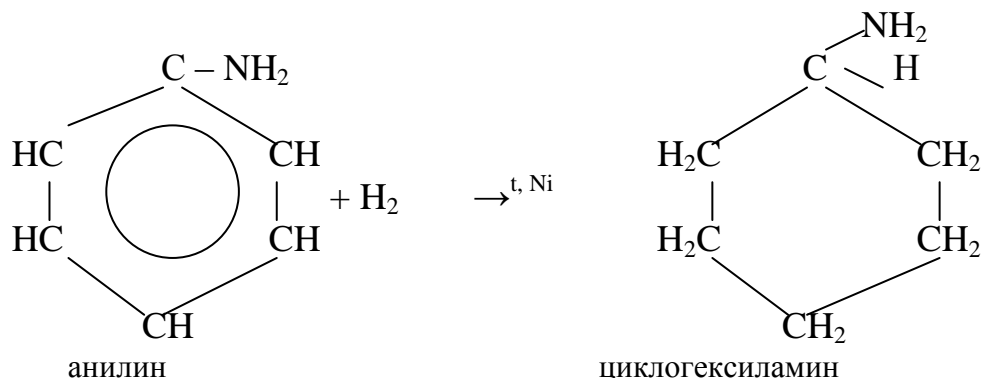
4. Свойства анилина, связанные с бензольным ядром:

4.1. Реакция замещения; анилин содержит аминогруппу ( $-NH_2$ ), являющуюся заместителем 1-го рода, поэтому анилин при обычных условиях вступает в реакции замещения с электрофильными реагентами (галогенами, азотной кислотой и др.)

Уравнение реакции замещения с азотной кислотой напишите самостоятельно.

4.2. Взаимодействует с  $H_2$  – реакция присоединения:

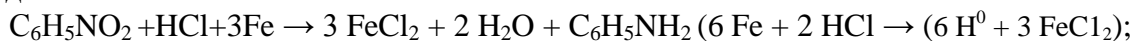




Для анилина характерны и другие свойства.

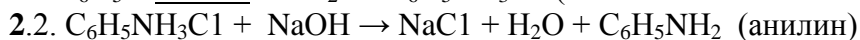
**Получение применение.** Анилин получают:

1. Реакцией Зинина – из нитробензола, который восстанавливают водородом в момент выделения:



[атомарный водород в момент выделения восстанавливает нитросоединения до аминов].

2. Взаимодействие галогенопроизводных с аммиаком:



Анилин – главное исходное вещество при синтезе красителей. Он применяется при получении лекарственных препаратов и различных полимеров.

#### Задания для самостоятельной работы.

1. Почему анилин является первичным ароматическим амином?
2. Обоснуйте особенности химических свойств анилина, исходя из строения его молекул.
3. Обоснуйте области применения анилина (два примера).
4. Из хлорбензола получите фениламин.
5. Приведите обоснованный пример, иллюстрирующий экологическую роль анилина.

#### 14.4. Амиды кислот. Мочевина.

##### 14.4.1. Общая характеристика аминов.

Вещества, являющиеся результатом замены гидроксогруппы в карбоксильной групп на аминогруппу называются **амидами карбоновых кислот**.

**Амиды карбоновых кислот** – вещества, содержащие амидогруппу ( $-\text{CO NH}_2$ ), связанную с углеводородным радикалом.

Общая формула амидов карбоновых кислот:  $\text{RC}=\text{O}$  или  $\text{RCONH}_2$



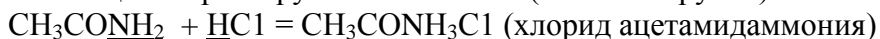
Названия амидов карбоновых кислот составляют исходя из кислот, которым они соответствуют, например,  $\text{CH}_3\text{CONH}_2$  – амид уксусной кислоты.

Классификация амидов кислот сложна и многообразна. Существуют предельные, непредельные и ароматические амиды, Есть амиды однокислотные и многокислотные и др.

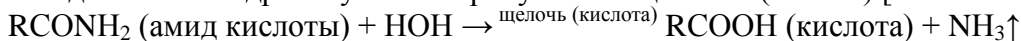
Амиды кислот образуют гомологические ряды, которые соответствуют соответствующим гомологическим рядам кислот. Так, для предельных одноосновных карбоновых кислот существует ряд амидов, в котором свойства изменяются, аналогично другим рядам. Амид муравьиной кислоты – жидкость; амиды других кислот этого ряда – белые твердые вещества, хорошо растворимые в воде вещества, растворимость их уменьшается с ростом молярной массы.

Амиды кислот проявляют слабые основные свойства (реакция на лакмус нейтральная; т.е. цвет лакмуса – фиолетовый).

Эти вещества реагируют с кислотами (по аминогруппе):



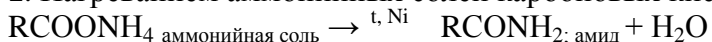
Амиды кислот гидролизуются в присутствии щелочей (кислот) [как катализаторов]:



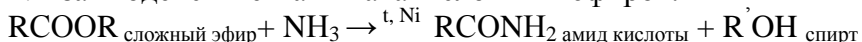
Для амидов кислот характерны и другие свойства.

Амиды кислот получают разными способами:

1. Нагреванием аммонийных солей карбоновых кислот:



2. Взаимодействием аммиака и сложных эфиров:



##### 14.4.2. Мочевина.

Важнейшим в практическом отношении амидом является **мочевина** или **карбамид** – конечный продукт азотистого обмена в организмах животных, включая человека.

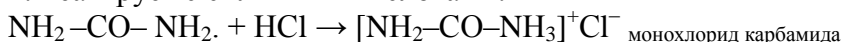
Эмпирическая формула карбамида:  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$  или  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ; полуструктурная формула:  $\text{NH}_2-\text{CO}-\text{NH}_2$ . Мочевина – диамид угольной кислоты ( $\text{HO}-\text{CO}-\text{OH}$ ).

Карбамид – белое кристаллическое вещество, хорошо растворимое в воде.

Она имеет разнообразные химические свойства:

1. Гидролизует на воздухе, образуя аммиак (разлагающаяся моча имеет аммиачный запах):  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{NH}_3 \uparrow + \text{CO}_2 \uparrow$

2. Реагирует с сильными кислотами:



Впервые мочевины (органическое вещество) синтезировал Ф. Вёлер в 1828 из цианата аммония (неорганическое вещество), чем нанес первый удар по идеалистическо-религиозному учению о жизненной силе.  $\text{CNONH}_4$  цианат аммония =  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  (мочевина)

В промышленности карбамид получают при взаимодействии углекислого газа и аммиака:  $2 \text{NH}_3 + \text{CO}_2 \xrightarrow{t=150, P} \text{CO}(\text{NH}_2)_2$  мочевины, карбамид

Мочевина содержит высокий процент связанного азота и легко усваивается растениями, поэтому широко используется как ценнейшее азотное удобрение. В смеси с грубыми кормами её применяют как азотсодержащую добавку для кормления крупного рогатого скота. Используют карбамид и в органическом синтезе: его применяют для

синтеза мочевиноформальдегидных смол и лекарственных препаратов (веронала, люминала и т.д.).

**Задания для самостоятельной работы.**

1. Чем амиды карбоновых кислот отличаются от аминов?
2. Напишите уравнение получения амида уксусной кислоты.
3. Почему мочевина имеет большое практическое значение?
4. Почему мочевина считается органическим веществом?
5. Рассчитайте процентное содержание азота в карбамиде и поясните, почему это вещество применяется в сельском хозяйстве.

#### 14.5. Аминокислоты.

Органические вещества, молекулы которых содержат amino- и карбоксильную группу, называются **аминокислотами**.

Наиболее важными являются альфа-аминокислоты ( $\alpha$ -аминокислоты), у которых аминогруппа расположена рядом с карбоксильной группой.

$\text{NH}_2\text{-CH-COOH}$  – общая формула  $\alpha$ -аминокислот.

\R

*Гомологический ряд.*

$\text{NH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$       аминоксусная, глицин, гликокол,

$\text{NH}_2\text{-(CH}_2)_2\text{-COOH}$      $\beta$ -аминопропионовая,

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

$\text{NH}_2\text{-(CH}_2)_4\text{-COOH}$      $\delta$ -аминовалериановая,

$\text{NH}_2\text{-(CH}_2)_5\text{-COOH}$      $\omega$ -аминокапроновая; и т.д.

*Номенклатура и изомерия.* У аминокислот встречается изомерия по строению углеводородной цепи, по взаимному расположению функциональных групп друг относительно друга и другие виды изомерии. Различают  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  и другие разновидности аминокислот по положению карбоксильной и аминогруппе:

Альфа-аминокислоты (см. выше). (формулы природных альфа-аминокислот и их характеристика см. в 14.6).

$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-C}^\alpha\text{H-C=O}$        $\alpha$ -аминобутановая кислота (альфа-)

\NH<sub>2</sub>    \OH

$\text{CH}_3\text{-C}^\beta\text{H-CH}_2\text{-C=O}$        $\beta$ -аминобутановая кислота (бета-)

\NH<sub>2</sub>      \OH

$\text{NH}_2\text{-C}^\gamma\text{H}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-C=O}$        $\gamma$ -аминобутановая кислота (гамма-)

\OH

( $\beta$ -положение: расположение через один атом углерода:  $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{-CH}_2\text{-C=O}$ )

|    |    |

$\gamma$ -положение через два атома углерода:  $\text{H}_2\text{N-C-C-C-C=O}$ ) и т.д.

|    |    |    \OH

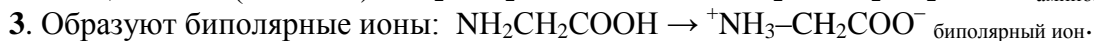
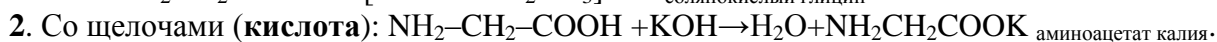
**Химические свойства** определяются наличием:

1. Аминогрупп (*те же свойства, что и у аминов*);
2. Карбоксильной группы (*те же свойства, что и у карбоновых кислот*);
3. Особенности углеводородного радикала (если он непредельный, то реакция присоединения и полимеризация, если ароматический, то присоединение и замещение);
4. Совместным присутствием групп  $-\text{NH}_2$  и  $-\text{COOH}$ ;

**Аминокислоты** – амфотерные органические вещества, амфотерность которых связана с наличием аминогрупп, взаимодействующих с кислотами (свойства оснований), а также с наличием карбоксильной группы, взаимодействующей с основаниями (кислотные свойства). Амфотерность аминокислот отличается от амфотерности неорганических гидроксидов тем, что у последних всего одна функциональная группа (ОН), которая в зависимости от условий, может проявлять как основные, так и кислотные свойства; у аминокислот за амфотерность ответственны две функциональные группы ( $-\text{COOH}$ ;  $-\text{NH}_2$ )

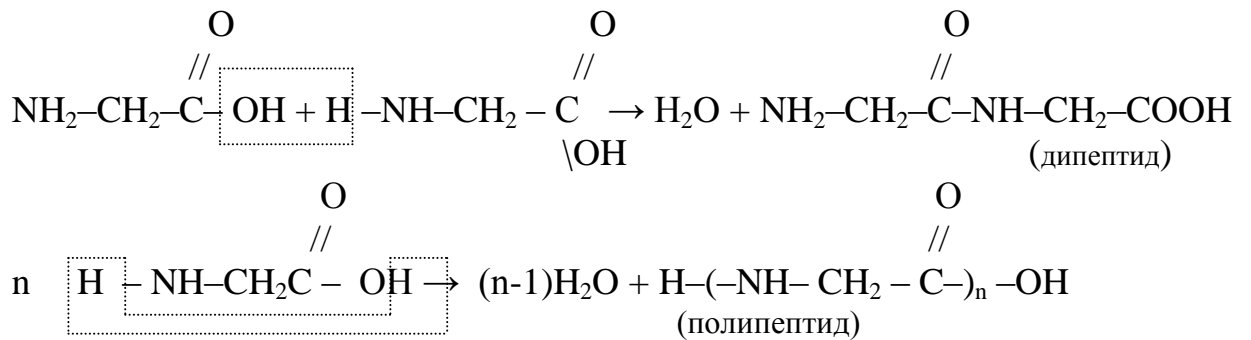
Рассмотренные особенности состава и строения аминокислот обуславливают многообразие их химических свойств:

1. Аминокислоты реагируют с кислотами по аминогруппе (как **основания**):

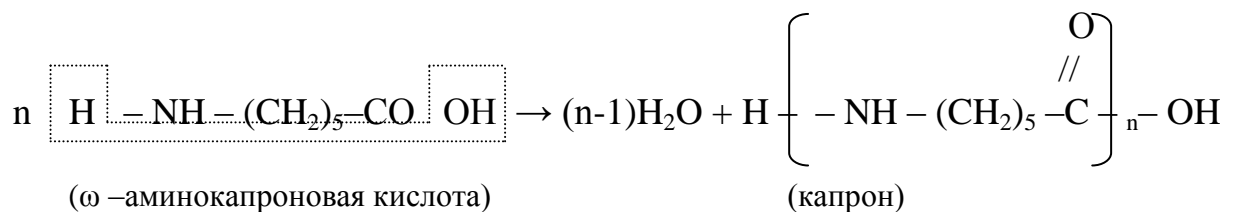


4. Вступают в реакции поликонденсации:

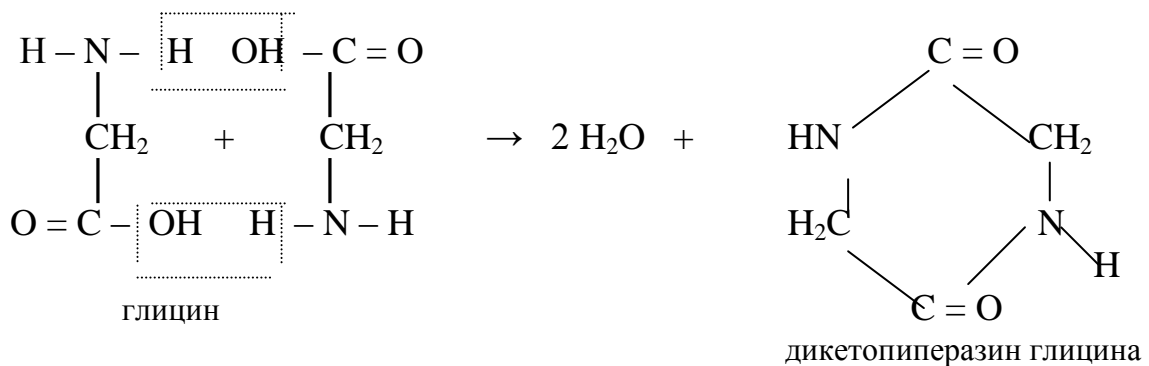
#### 4.1. Образование полипептидной цепочки:



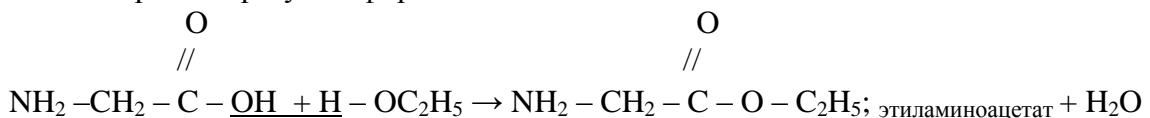
В промышленности реакцию поликонденсации аминокaproновой кислоты используют для получения волокна капрона.



4.2. Из двух молекул аминокислоты образуется дикетопиперазин аминокислоты (замкнутый цикл) за счет отщепления двух молекул воды:

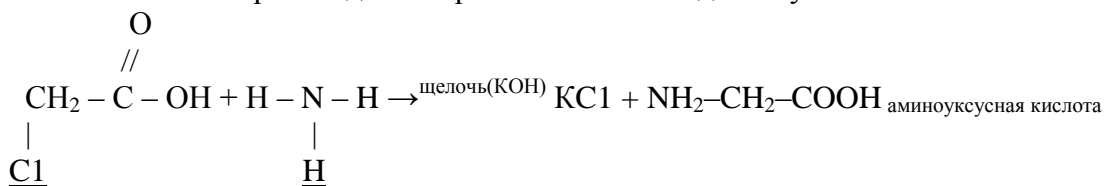


5. Со спиртами образуют эфиры:



**Получение, применение.** Аминокислоты получают разными способами:

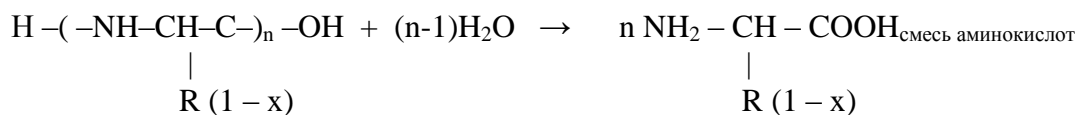
1. Из галогенопроизводных карбоновых кислот действуя на них аммиаком:



2. Гидролиз белков (получают смесь природных аминокислот; потом их разделяют):







Аминокислоты *применяют* для получения полимеров, как реактивы в химических лабораториях. Природные аминокислоты, кроме того, используют в медицине.

К аминокислотам по функциям и свойствам примыкают иминокислоты, в составе молекул которых вместо аминогруппы содержится иминогруппа (–NH–). К ним относятся пролин и оксипролин, остатки которых входят в состав белков (см. 14.6).

#### **Задания для самостоятельной работы.**

1. Почему аминокислоты полифункциональны? (перечислите их химические свойства).
2. Почему аминокислоты амфотерны? Чем их амфотерность отличается от амфотерности гидроксида цинка?
3. Почему аминокислоты при диссоциации образуют биполярные ионы?.
4. В чем состоят особенности взаимодействия аминокислот, связанные с одновременным присутствием в их молекулах амино- и карбоксильной функциональных групп?
5. Приведите два обоснованных примера использования аминокислот.
6. Приведите два обоснованных примера, иллюстрирующих роль аминокислот в природных экологических процессах.

## 14.6. Белки

### 14.6.1. Общая характеристика и химический состав белков.

Природные полимеры, состоящие из углерода, кислорода, водорода, азота, и других химических элементов, являющиеся продуктами реакции поликонденсации природных альфа-аминокислот, называются **белками**.

В состав белков, кроме названных в определении химических элементов входят атомы фосфора, серы, некоторых металлов и т.д. *Мономерами*, из которых получают белки, являются 18 обязательных и 3-5 редко встречающихся имино- и альфа-аминокислот. Далее приведён ряд формул важнейших природных  $\alpha$ -аминокислот

Общая формула:  $\text{NH}_2 - \underset{\text{R}}{\text{CH}} - \underset{\text{OH}}{\text{C}} = \text{O}$  или  $\text{NH}_2\text{CHRCOOH}$

1.  $\text{NH}_2 - \text{CH}_2\text{COOH}$  (глицин, гликокол, аминокусусная кислота);

2.  $\text{NH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \underset{\text{OH}}{\text{C}} = \text{O}$  (аланин,  $\alpha$ -аминопропионовая кислота)

3.  $\text{NH}_2 - \underset{\text{CH}_2\text{SH}}{\text{CH}} - \underset{\text{OH}}{\text{C}} = \text{O}$  (цистеин)

4.  $\text{NH}_2 - \underset{\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}} - \text{COOH}$  (фенилаланин,  $\alpha$ -амино- $\beta$ -фенилпропионовая кислота)

5.  $\text{NH}_2 - \underset{\text{CH}_2\text{COOH}}{\text{CH}} - \text{COOH}$  (аспарагиновая,  $\alpha$ -аминоянтарная кислота)

6.  $\text{NH}_2 - \underset{\text{CH}_2\text{OH}}{\text{CH}} - \text{COOH}$  и др.

Природные аминокислоты участвуют в биосинтезе белков, необходимых организму, поэтому для нормального функционирования должны либо синтезироваться в нем, либо поступать с пищей. По способности синтезироваться в организме человека, аминокислоты подразделяют на заменимые и незаменимые.

Аминокислоты, которые могут синтезироваться в организме, называют **заменимыми**.

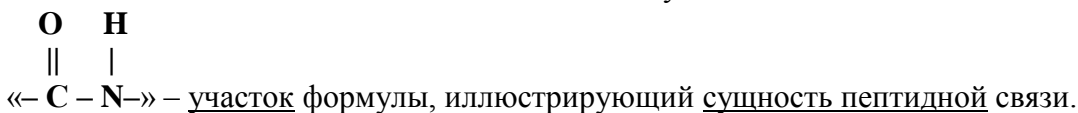
**Незаменимыми** называют аминокислоты, которые поступают в организм с пищей и не могут синтезироваться данным организмом. Для человека такими аминокислотами являются аргинин, валин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, фенилаланин, треонин, триптофан.

### 14.6.2. Общая характеристика структуры белковых молекул.

Для наиболее сложных белков различают четыре структуры:

#### 1. Первичная структура молекулы белка.

Под **первичной** структурой понимают порядок расположения остатков  $\alpha$ -аминокислот в полипептидной цепи. Эти остатки связаны между собой пептидной связью:

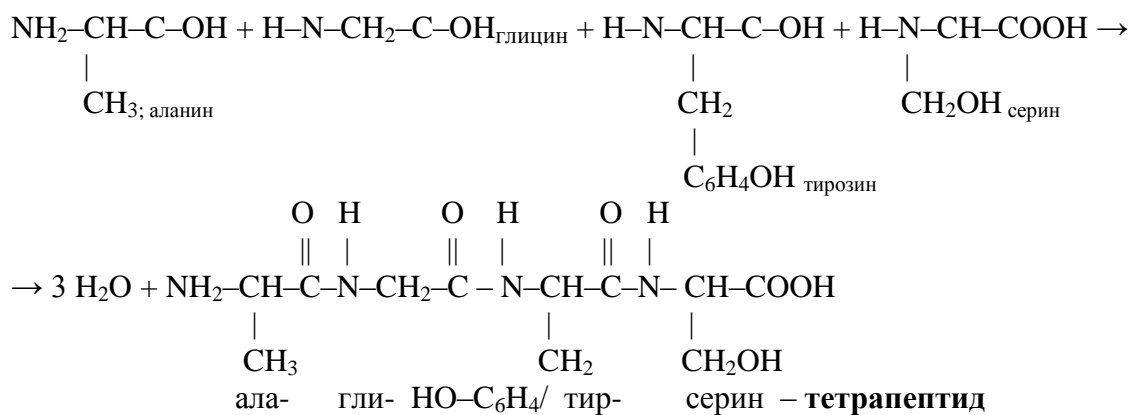


**Пептидной** называют связь, возникающую между атомами, образующими карбонильную ( $=\text{C}=\text{O}$ ) и имино ( $=\text{N}-\text{H}$ ) группы, при этом в системе атомов « $\text{O}-\text{C}-\text{N}-\text{H}$ »

нет кратных связей и электронные облака равномерно распределяются между всеми названными атомами, придавая этой системе атомов особые свойства.

Рассмотрим образование пептидной связи на примере получения тетрапептида ала-гли-тир-серина (ала – аланин; гли – глицин; тир – тирозин):





В этом тетрапептиде остаток аланина является остатком аминокислоты, начинающей полипептидную цепь (содержит исходную аминогруппу), а остаток серина – аминокислоты, завершающий её (содержит исходную карбоксильную группу); остатки срединных аминокислот не имеют сохраненных исходных функциональных групп по линии пептидных связей.

2. **Вторичная структура молекулы белка** представляет собой расположение полипептидной цепи в пространстве.

Пространственное расположение полипептидной различно. Наиболее распространенной вторичной структурой является  $\alpha$ -спираль. Альфа-спираль характеризуется строго определенным числом остатков аминокислот в витке и расстоянием между отдельными витками спирали. Устойчивость  $\alpha$ -спирали объясняется наличием водородной связи между отдельными витками, ионной связи между « $-\text{NH}_3^+$ » и « $-\text{COO}^-$ »; сил внутримолекулярного взаимодействия (дипольного, диполя и неполярной частицы и двух неполярных частиц за счет дисперсионного взаимодействия); гидрофобное взаимодействие, т.е. группировка малополярных частиц в минимальном объеме за счет отталкивания их молекулами воды и другими видами связи.

3. **Третичная структура молекулы белка** представляет собой пространственное расположение альфа-спирали или других конфигураций молекулы белка.

В результате реализации третичной структуры белковой молекулы возникает **субъединица** её структуры. Устойчивость третичной структуры связана с наличием тех же связей, что и во вторичной структуре.

4. **Четвертичная структура белка** состоит в пространственном расположении отдельных субъединиц белковой молекулы друг относительно друга. Такая структура присуща только для очень сложных белков, например, гемоглобина крови.

#### 14.6.3. Обзор классификаций белков.

Белки – многообразная и сложная группа классов органических веществ, поэтому существует несколько классификаций белков на основе различных признаков.

Первая классификация основана на различии их состава. По этому признаку белки подразделяют на протеины и протеиды.

**Протеины** – простые белки, состоят только из белкового вещества. К ним относятся альбумин яичного белка, миоглобин, миозин шелка и др.

**Протеиды** – сложные белки, состоящие из вещества белковой природы и небелкового вещества. Их подразделяют на: 1. **Липопротеиды** состоят из белка и липидов.

2. **Гликопротеиды** образованы белком и углеводом.

3. **Нуклеопротеиды** состоят из белка и нуклеиновой кислоты.

Вторая классификация основана на различии форм молекул, по которой выделяют фибриллярные и глобулярные белки.

**Глобулярные** белки характеризуются тем, что их молекулы скручены в клубок; они, как правило, шарообразны. Ими являются все водорастворимые белки (альбумины; способны образовывать коллоидные системы).

**Фибриллярные** белки имеют линейные (нитевидные) молекулы. К ним относят белки, образующие механические структуры (клеточные мембраны, связки и т.д. (миозин и др.). Они мало- или нерастворимы, не могут образовывать коллоидные растворы.

Есть другие классификации белков (по растворимости, стойкости при нагревании и др.)

#### 14.6.4. Обзор физических и химических свойств белков

Белки – твердые, кристаллические или аморфные вещества, имеющие различную растворимость в разных растворителях. Различают водорастворимые белки, белки, растворимые в насыщенных солевых растворах; жирорастворимые белки и др. На различной растворимости основано их разделение. Белки или бесцветны, или белого цвета. Гемоглобин имеет красный цвет. У моллюсков имеются белки синего цвета. Цвет характерен для белков, молекулы которых содержат атомы металлов (железа меди и др.)

Молекулы белков специфичны, они содержат в своем составе большое число функциональных групп, для них характерна сложная система разнообразных химических связей, поэтому белкам присуще бесконечно большое число химических и комплексных физико-химических свойств.

Важнейшими физико-химическими свойствами являются денатурация, коагуляция и т.д. Живой белок характеризуется **нативной** структурой, которая отличается от структуры белка умершего организма, т.е. **мертвого** белка

**Денатурация белка** представляет собой изменение **нативной** структуры молекул белка под влиянием внешних факторов, при этом разрыва полипептидных цепей не происходит. Она денатурация охватывает изменение четвертичной, третичной, а иногда и вторичной структур белковых молекул. Различают **обратимую** и **необратимую** денатурацию.

**Обратимая денатурация** представляет собой незначительное изменение структуры белковой молекулы, при котором после прекращения воздействия фактора исходная структура белковой молекулы может восстановиться.

**Необратимая** называют **денатурацию**, в результате которой возникают сильные изменения структур молекул белка, и восстановление прежней структуры невозможно.

Обратимую денатурацию применяют в некоторых технологических процессах для активизации нужных процессов обмена веществ. Примером обратимой природной денатурации является изменение структур хромосом, состоящих из нуклеопротеидов

**Коагуляция белка** – процесс укрупнения коллоидных частиц, состоящих из белковых молекул, за счет их слипания. Различают обратимую и необратимую коагуляцию. Внешним признаком коагуляции является **седиментация** – оседание частиц, т.е. образование осадка.

Различают скрытую и явную седиментацию. Седиментация, которую можно наблюдать при помощи микроскопа, называют **скрытой**; если наблюдается видимое (визуальное) образование осадка белкового вещества, то в этом случае имеют дело с **явной** (видимой) коагуляцией.

**Обратимая коагуляция** представляет собой процесс разрушения коллоидной системы под воздействием внешних факторов. Ее можно наблюдать, если к водному раствору яичного альбумина добавить хлорид натрия (концентрированный раствор или кристаллы соли): происходит выпадение осадка. Если полученный раствор разбавить, то осадок растворится.

При варке куриных яиц происходит **необратимая** коагуляция. Смерть организма относится к необратимой коагуляции. Коагуляция может сопровождаться денатурацией (но не всегда).

Собственно химическими свойствами являются:

1. Белки горят, при этом выделяется специфический запах «жженого рога», что является *качественной* реакцией на белок, в частности, так можно отличить волокно животного происхождения (шерстяное, натуральное шелковое и др.).

2. Разлагаются при относительно невысоких температурах.

3. Взаимодействуют с минеральными кислотами, так как их молекулы содержат амино- и иминогоуппы (проявляют роль оснований).

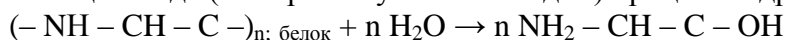
4. Вступают в реакции этерификации, так как содержат карбоксильные группы.

5. Способны к гидролизу. Сначала коллоидная система, содержащая белок подвергается коагуляции, молекулы белка денатурируют (разрушаются четвертичная, третичная и вторичная структуры молекулы белка). На следующем этапе, под воздействием катализаторов (в организме это ферменты пепсин, трипсин и др.) в кислой среде происходит гидролиз, т.е. разрушается первичная структура белка. Процесс происходит по этапам, которые можно выразить схемой:

**Пептиды → пептоны → смесь природных α-аминокислот**

Конечным продуктом гидролиза белков является смесь природных альфа- аминокислот.

В общем виде (без промежуточных стадий) процесс гидролиза белка выражают схемой:



$\backslash R_{a-x}$   $R_{a-x}$  (смесь аминокислот; «a-x» – различные радикалы)

Некоторые свойства белков являются характерными и доказывают наличие в них определенных структур. Эти свойства имеют специфические названия.

**6. Ксантопротеиновая реакция на белок:** при действии на раствор белка концентрированной азотной кислотой он окрашивается в желтый цвет, который становится оранжевым при добавлении аммиака (аналогичное изменение наблюдается и при попадании азотной кислоты на открытые участки тела человека, например, руку). Эта реакция доказывает наличие в молекуле белка бензольных ядер.

**7. Биуретовая реакция:** при воздействии на раствор белка сульфатом меди(II) и избытка щелочи при нагревании раствор становится красно-фиолетовым; доказывает наличие в молекуле белка пептидных связей.

**8. Реакция с нитратом или ацетатом свинца:** при взаимодействии растворов белка и названных солей при нагревании выпадает осадок черного цвета. Эта реакция доказывает наличие в молекуле белка атомов серы. Есть и другие цветные реакции на белок.

#### 15.6.5. Характеристика роли белков в организмах.

Белки вместе с нуклеиновыми кислотами составляют основу жизни на Земле, т.е. с ними связана биологическая и био-социальная формы движения материи. Их значение в организмах многообразно. Рассмотрим некоторые аспекты этой проблемы

1. Белки – основной строительный материал разных структур организмов (ими образованы органоиды и иные образования организмов в совокупности с углеводами, жирами, нуклеиновыми кислотами).

2. Белки в совокупности с витаминами и другими соединениями играют роль катализаторов – ферментов (биокатализаторов), т.е. им характерна *строительная* функция.

3. Они осуществляют *двигательную* функцию (перемещение организма в пространстве и др.)

4. Белки – переносчики некоторых веществ (молекулярного кислорода, углекислого, угарного газов и других веществ), т.е. выполняют *транспортную* функцию.

5. Для них характерна *проводящая* функция: они проводят нервные возбуждения.

6. Белки играют *защитную* роль в организме (выполняют *механическую* и иммунную защиту).

7. Белкам присуща и *энергетическая* функции: они являются одним из источников энергии в клетке (эта функция реализуется только в экстремальных ситуациях).

8. Белок – поставщик необходимых альфа-аминокислот для гетеротрофных организмов (животных, грибов, бактерий).

9. Белки являются одной из форм запасаания веществ и энергии, но эта функция для них мало характерна.

10. Для гетеротрофных организмов белки являются важнейшим источником питания.

#### *14.6.6. Общая характеристика превращения белков в организмах животных.*

Инородный белок, попадая в кишечно-желудочный тракт, механически измельчается и под действием ферментов: пепсина в желудке, среда кислая; трипсина (фермента поджелудочной железы) в двенадцатиперстной кишке, среда щелочная и других ферментов превращается в альфа-аминокислоты. Последние в ворсинках кишечника всасываются в кровь и поступают в клетки тела данного организма. В клетках часть аминокислот используется для синтеза собственных белков организма (на рибосомах по матричному механизму), а часть аминокислот дезаминируется, переаминируется, а некоторые полностью разрушаются до мочевины, углекислого газа и воды; в последнем случае они являются источником энергии.

#### *14.6.7. Получение и применение белков.*

Белки широко используются человеком. Они составляют основу его питания, так как являются источником при родных аминокислот для организма, а также и энергии (частично). В медицинских целях из них получают различные природные аминокислоты, которые используют в различных исследованиях. Белок используют в технике как добавки в корм скоту (отходы производств пищевой промышленности). Белок, входящий в состав шерсти животных используется в текстильной и других отраслях легкой промышленности.

Белки не являются продуктами химической промышленности. Они получают на предприятиях сельского хозяйства (животноводства) и перерабатывающей промышленности (пищевая промышленность).

В природе белки синтезируются как в автотрофных, так и гетеротрофных организмах на рибосомах. Общая характеристика этих процессов рассмотрена в Ч.2 этого пособия.

#### **Задания для самостоятельной работы.**

1. Почему белки являются биополимерами?
2. Кратко охарактеризуйте структуру белковой молекулы.
3. В чем состоит первичная структура молекулы белка; назовите специфический вид связи, в ней реализуемой, охарактеризуйте его.
4. Чем денатурация отличается от коагуляции?
5. Охарактеризуйте три свойства, позволяющие идентифицировать белок.
6. Назовите важнейшие функции белков в организмах.
7. Приведите два обоснованных примера, иллюстрирующие применение белков.

#### 14.7. Азотистые гетероциклические основания

Известно, что кроме открыто-цепных форм органических веществ существуют циклические соединения, которые могут быть *карбоциклическими* (циклопарафины, ароматические соединения) и *гетероциклическими* (циклические формы углеводов). Гетероциклические соединения имеют большое значение в природе. Так в состав *ядерных (нуклеиновых)* кислот входят несколько азотистых оснований, из которых наиболее важны аденин (А), гуанин (Г), цитозин (Ц), тимин (Т) и урацил (У) [их формулы показаны на рис. 14.2, где проиллюстрирован принцип комплементарности - взаимодополнения]. Урацил, тимин и цитозин являются пиримидиновыми основаниями (они – производные пиримидина). Тимин от урацила отличается метильным радикалом.

Гуанин и аденин являются пуриновыми основаниями (производные пурина (структурные формулы – для ознакомления – см. рис.) Азотистые основания входят в состав нуклеотидов, из которых при реакции поликонденсации образуются нуклеиновые кислоты.

В природе существует два типа ядерных кислот – дезоксирибонуклеиновые (ДНК) и рибонуклеиновые (РНК).

#### **Задания для самостоятельной работы.**

1. Чем карбоциклические органические вещества отличаются от гетероциклических?
2. Изучите по рис 14.2. формулы аденина и урацила и объясните, почему они относятся к разным классам органических веществ.
3. Приведите обоснованный пример, иллюстрирующий экологическую роль природных гетероциклических оснований.

#### 14.8. Общая характеристика дезоксирибонуклеиновых кислот (ДНК).

**Дезоксирибонуклеиновые кислоты (ДНК)** – биополимеры, являющиеся продуктом реакции поликонденсации ДНК-нуклеотидов.

ДНК-нуклеотид состоит трех частей: из остатков азотистого основания, дезоксирибозы и фосфорной кислоты. В ДНК входят четыре вида нуклеотидов: адениловый, гуаниловый, цитозиловый, тимидиловый. Эти нуклеотиды отличаются только азотистым основанием. Далее приведены формулы: аденилового (1) и тимидилового (2) ДНК-нуклеотидов. Главным признаком ДНК-нуклеотида является наличие в его составе остатка **дезоксирибозы**.

ДНК-нуклеотид (как и другие нуклеотиды) получается в два этапа.

**Этап 1.** Образование нуклеозида – продукта взаимодействия азотистого основания и пентозы (в данном случае дезоксирибозы). Выражают схемой:

Азотистое основание + Дезоксирибоза → [остаток азотистого основания]–[остаток дезоксирибозы] (схема нуклеозида) + H<sub>2</sub>O

**Этап 2.** Образование нуклеотида:

[остаток азотистого основания]–[остаток дезоксирибозы] + НОРО(ОН)<sub>2</sub> фосфорная кислота → → H<sub>2</sub>O+ [остаток азотистого основания]–[остаток дезоксирибозы]–ОРО(ОН)<sub>2</sub>; нуклеотид, схема

Примеры схем конкретного нуклеозида и нуклеотида.

1. Схема аденилового нуклеозида:



2. Схема аденилового нуклеотида:



При гидролизе ДНК-нуклеотида сначала образуется нуклеозид и фосфорная кислота, а при полном гидролизе – смесь азотистого основания, дезоксирибозы и азотистого основания.

Первичная структура ДНК (см. рис. 14.1в) представляет собой последовательность остатков ДНК-нуклеотидов, соединенных друг с другом остатком фосфорной кислоты через 3 – 5 атомы углерода остатков дезоксирибозы.

Цепь ДНК – линейна, не имеет боковых ответвлений. Было установлено, что молекулы ДНК образуют двойные цепи, в которых нуклеотиды соединяются друг с другом по принципу «*комплементарности*» или «*взаимодополняемости*». Установлено, аденин комплементарен тимину, а гуанин – цитозину.

Принцип **комплементарности** основан на способности азотистых оснований образовывать друг с другом водородные связи (см.рис.14.2)

Из приведенных схем видно, что между остатками **аденина (А)** и **тимина (Т)** возникают две водородные связи, а между остатками **гуанина (Г)** и **цитозина (Ц)** – три. Это обеспечивает устойчивость двойной цепи молекулы ДНК, т.е. вторичной структуры молекулы этой кислоты. Но для ДНК характерна и третичная структура, состоящая, в том, что в единую молекулу объединяются две двойных полинуклеотидных цепи, причем «*голова*» первой двойной цепи направлена к «*хвосту*» второй цепи. Эти цепи скручиваются в спираль, которая является третичной структурой ДНК, устойчивость которой определяется водородными и другими химическими связями.

Синтез ДНК является «*матричным*», называется «*репликацией*» или «*редупликацией*».

Суть репликации сводится к тому, что спираль раскручивается, двойная цепь разделяется на одинарные цепи. На каждую одинарную цепь по принципу комплементарности надстраивается вторая цепь (см. рис 14.2.). Возникшие двойные цепи объединяются и скручиваются в спираль и на этом процесс завершается.

ДНК вместе с белками образуют нуклеопротеиды, которые образуют хромосомы. ДНК содержатся главным образом в ядрах клеток, но могут находиться и в других органоидах клетки (клеточном центре, пластидах, митохондриях и др.).



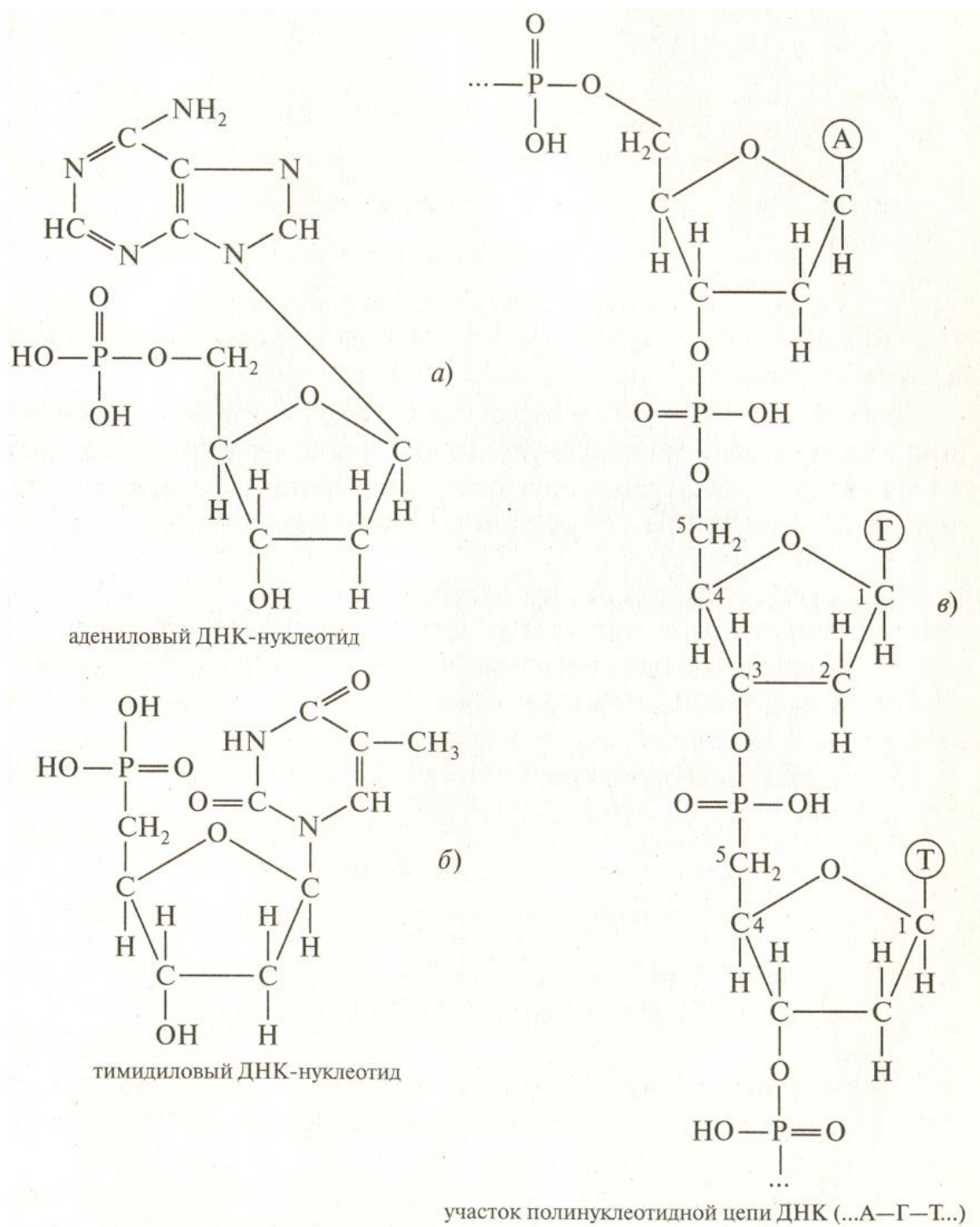


Рис. 14.1. Формулы ДНК-нуклеотидов и участка полинуклеотидной цепи ДНК

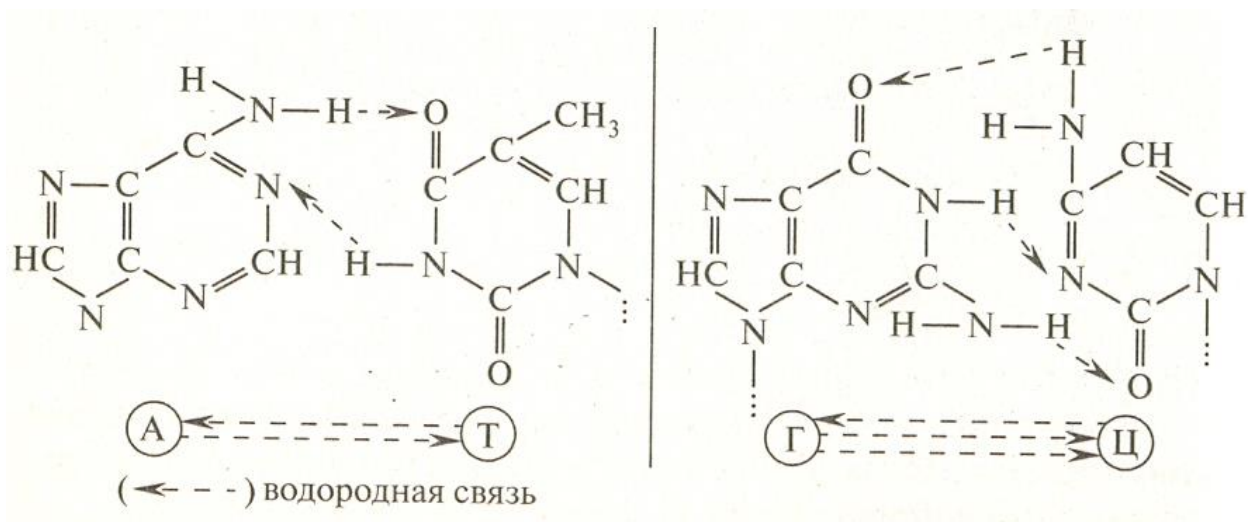


Рис 14.2. Иллюстрация принципа комплементарности

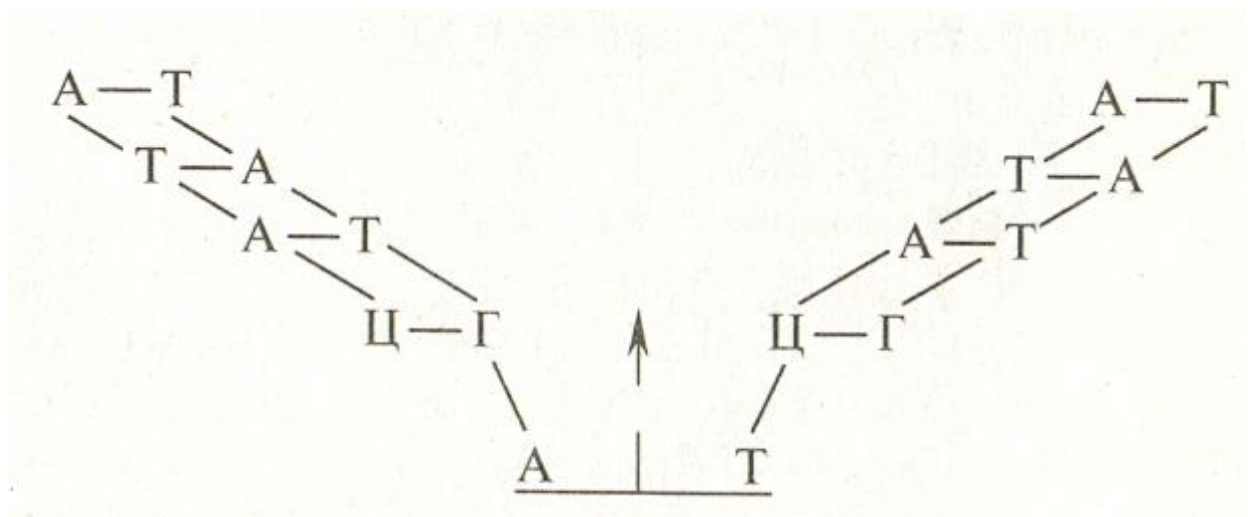


Рис. 14.3. Репликация ДНК

Суть репликации сводится к тому, что спираль раскручивается, двойная цепь разделяется на одинарные цепи. На каждую одинарную цепь по принципу комплементарности надстраивается вторая цепь (см. схему 14.3.). Возникшие двойные цепи объединяются и скручиваются в спираль и на этом процесс завершается.

ДНК вместе с белками образуют нуклеопротеиды, которые образуют хромосомы. ДНК содержатся главным образом в ядрах клеток, но могут находиться и в других органоидах клетки (клеточном центре, пластидах, митохондриях и др.).

ДНК для каждого организма специфичны и через них передается наследственная информация о свойствах того или другого организма. На ДНК синтезируются сами ДНК, рибонуклеиновые кислоты (РНК), через которые передается информация о синтезе белка. Следовательно, ДНК является хранителем и переносчиком информации о свойствах живого вещества.

Отдельные участки молекулы ДНК – *гены*; в них закодированы конкретные признаки организма. Гены являются материальной основой наследственности, т.е. являются структурой, через которую данный признак передается от родителей потомству

**Задания для самостоятельной работы.**

1. Почему ДНК считают биополимерами?.
2. Что такое ДНК-нуклеотид; составьте схему гуанилового ДНК-нуклеотида.
3. Чем нуклеозид отличается от нуклеотида; составьте схемы тимидилового и цитозилового ДНК-нуклеозидов.
4. Что такое принцип комплементарности в строении нуклеиновых кислот?.
5. Какова биоэкологическая роль ДНК?

#### 14.9. Рибонуклеиновые кислоты (РНК)

**Рибонуклеиновые кислоты (РНК)** – биологические полимеры, являющиеся результатом реакции поликонденсации РНК-нуклеотидов.

#### 14.9. Рибонуклеиновые кислоты (РНК)

Рибонуклеиновые кислоты (РНК) – биологические полимеры, являющиеся результатом реакции поликонденсации РНК-нуклеотидов.

Строение РНК-нуклеотидов аналогично таковому для ДНК-нуклеотидов, только в их молекулах вместо остатка дезоксирибозы, содержится остаток **рибозы**. Кроме того, в РНК входят остатки аденилового, гуанилового, цитозилового и урацилового (вместо, тимидилового) нуклеотидов. Существует три типа РНК.

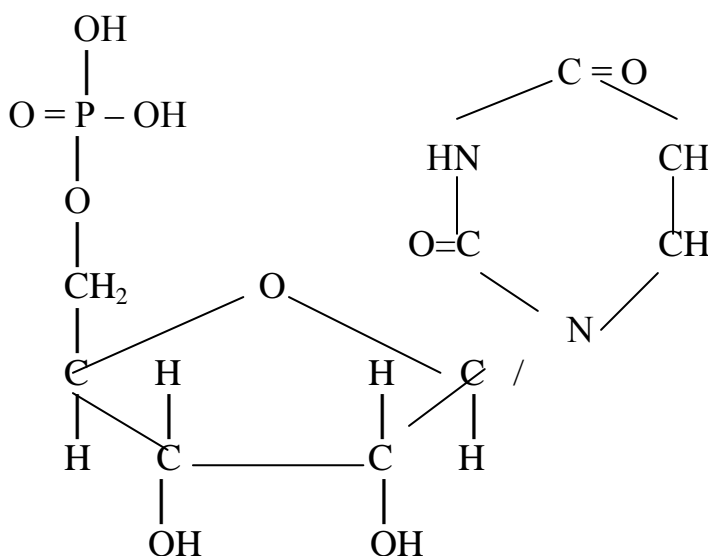


Рис. 14.4. Урациловый РНК-нуклеотид

#### Тип 1. Информационные

или и-РНК.

Информационные РНК характеризуются наибольшей молярной массой среди всех рибонуклеиновых кислот. Таких и-РНК бесконечно большое число разновидностей – столько, сколько видов белков синтезируется в организме. Они переносят информацию о последовательности расположения остатков  $\alpha$ -аминокислот в молекуле белка и являются матрицей для синтеза белковых молекул.

Информационные РНК синтезируются на ДНК в ядре. Этот процесс называется **транскрипцией** и представляет собой пример матричного синтеза.

#### Тип 2. Транспортные, или т-РНК

Транспортные РНК называются так потому, что они переносят  $\alpha$ -амино-кислоты из цитоплазмы в рибосому. Всего 64 вида т-РНК по числу кодонов, которые кодируют тот или иной остаток  $\alpha$ -аминокислоты в молекуле белка

#### Тип 3. Рибосомальные или р-РНК.

Рибосомальные РНК вместе с белками образуют рибосому (органойд клетки, где синтезируется белок) и обеспечивают (наряду с другими типами РНК) нормальный процесс биосинтеза белка.

Рибонуклеиновые кислоты, в отличие от ДНК, образуют только одинарную полинуклеотидную цепь, степень их поликонденсации значительно меньше, чем у ДНК.

**Задания для самостоятельной работы.**

1. Почему РНК считают биополимерами?
2. Составьте схемы урацилового гуанилового РНК-нуклеозидов и РНК-нуклеотидов.
3. Составьте таблицу, показывающую различие ДНК и РНК.
4. Приведите три обоснованных примера, иллюстрирующих экологическую роль нуклеиновых кислот.

#### 14.10. Общая характеристика высокомолекулярных соединений

**Высокомолекулярными соединениями (ВМС)** называются вещества, которые являются продуктами реакции *полимеризации* или *поликонденсации* и представляют собой последовательное чередование одинаковых структур («элементарных звеньев»).

Процессы полимеризации и поликонденсации охарактеризованы в 11.5-6.

ВМС характеризуются большой молекулярной массой (отсюда и их название) и построены из повторяющихся «элементарных» звеньев, получающихся из исходных мономеров или их остатков (в случае, когда полимер получается при поликонденсации).

Полимер характеризуется **степенью полимеризации (поликонденсации) –  $n$** , т.е. числом молекул мономера, образовавшим одну молекулу полимера. Для данного полимера величина « $n$ » переменна, но имеет определенное, *среднее* значение, зависящее от условий проведения реакции полимеризации (поликонденсации). Поэтому для полимера применяют понятие «средняя молекулярная масса».

Молекулы полимеров велики по размерам, поэтому ВМС плохо растворимы, или совсем не растворимы в растворителях. По форме молекул различают три типа полимеров:

**ВМС линейной структуры** – молекулы не имеют боковых цепей и характеризуются длиной и шириной, при этом по форме могут быть и прямолинейны или образуют ломаную линию. Линейными являются молекулы целлюлозы, полиэтилена, полученного при цепной полимеризации и др.

**Полимеры с разветвленными молекулами** – молекулы таких полимеров помимо главной цепи имеют боковые цепи, например молекулы амилопектина, и др.

**ВМС с пространственной, трехмерной структурой** – молекула образована несколькими полимерными цепями, которые связаны друг с другом химическими связями. Их

молекулы характеризуются длиной, шириной и высотой. Их молекулярные массы очень велики; они значительно больше, чем у полимеров линейной и разветвленной структур.

Свойства полимеров пространственной трехмерной структуры значительно отличаются от таковых для полимеров других структур. Линейные и разветвленные полимеры являются термопластичными, а полимеры пространственной структуры – терморезиновыми.

**Термопластичными** называют полимеры, которые при нагревании размягчаются и в этом состоянии под влиянием механического воздействия способны изменять форму; при дальнейшем нагревании способны переходить в вязко-текучее состояние.

Термопластичными полимерами являются полиэтилен, полистирол, каучуки и др. Молекулы термопластичных ВМС относительно невелики по размерам и достаточно подвижны. При нагревании расстояние между ними увеличивается, поэтому молекулы термопластичных полимеров способны достаточно активно двигаться. Если сильно увеличить температуру, то происходит деполимеризация и полимер превращается в мономер (если это продукт реакции полимеризации). Полимеры, полученные при поликонденсации, при небольшом нагревании не деполимеризуются, а при сильном нагревании разлагаются.  $(-CH_2-CH_2-)_n$ ; полиэтилен  $\rightarrow n CH_2=CH_2 \uparrow$  (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) этилен

**Терморезиновыми** называют полимеры, которые при умеренном нагревании не изменяются, а при высоком – разлагаются. Терморезиновость объясняется малой подвижностью крупных молекул полимеров: небольшое нагревание не позволяет этим молекулам перейти в подвижное состояние (т.е. они не превращаются в жидкость); сильное нагревание приводит к разрушению молекул. Терморезиновы резина, целлюлоза, резинные и резольные фенолформальдегидные смолы, и другие ВМС.

По агрегатному состоянию большинство полимеров являются твердыми веществами, что зависит от степени полимеризации. Все терморезиновы полимеры – твердые вещества. Терморезиновы ВМС, как правило, аморфны, а термопластичные имеют три состояния – кристаллическое (строго упорядоченное), стеклообразное и аморфное. В

определенных условиях может быть реализовано любое из этих состояний. Очень часто полимеры характеризуются определенной степенью кристалличности.

**Стеклообразное** состояние представляет собой переохлажденную жидкость, когда в твердом состоянии сохраняется структура жидкости. Оно характеризуется прозрачностью. Для некоторых полимеров (каучуки) характерно и особое, *эластическое* состояние.

По характеру расположения мономеров в пространстве различают полимеры *регулярной* и *нерегулярной* структуры.

В эксплуатационном отношении лучшими свойствами (механическая прочность, стойкость к истиранию и др.) обладают полимеры регулярного строения, поэтому процессы получения полимеров ведут так, чтобы получались стереорегулярные полимеры, у которых реализуется строго определенное чередование в пространстве отдельных структур полимера (см. полипропилен).

Полимеры подразделяют на *природные* (крахмал, целлюлоза, белки, нуклеиновые кислоты, природный каучук и др.) и *синтетические* (полиэтилен, полистирол, полихлорвинил и т.д.). Синтетические полимеры без добавок часто называют **смолами**.

Смола – основа искусственных полимерных материалов, называемых **пластмассами**, представляющими собой однородные смеси состоящие из смолы, наполнителя, антистарителя, красителя, пластификатора и других веществ.

Смола является *связующим*, наполнители позволяют снизить цену пластмасс, красители придают нужную окраску и т.д. В качестве наполнителей можно использовать различные отходы производства (опилки, стружки и др.), что позволяет снизить цену пластмассам и утилизировать отходы производств.

#### **Задания для самостоятельной работы.**

1. В чем состоит принципиальная разница полимера и других веществ?
2. Назовите типы химических реакций, в результате которых можно получить полимеры; приведите схемы таких процессов (по одному примеру).
3. Назовите классы полимеров, исходя из их происхождения.
4. Назовите полимер, образующийся в: а) растении; б) организме животного.

#### 14.11. Полиэтилен

**Полиэтилен** – это продукт полимеризации этилена.

Его полуструктурная формула:  $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$

Полиэтилен – твердое вещество, белого цвета (в тонком слое бесцветен); жирный на ощупь, по внешнему виду напоминает парафин. Это предельное ВМС. Термопластичен, так является полимером линейной структуры. Механически достаточно прочен.

Физико-механические свойства полиэтилена зависят от степени полимеризации этилена. Он может быть жидким ( $n$  от 10 до 20), воскообразным ( $n$  от 110 до 300) и твердым веществом с разной степенью кристалличности ( $n$  от 1000 до 2500).

Твердый полиэтилен получают при низком, среднем и высоком давлении.

Полиэтилен *высокого* давления получают при  $P = 100\text{--}200$  МПа при  $T = 473$  К; катализатор – кислород;  $n$  составляет 700 – 1100; полимер характеризуется температурой плавления от 281 до 288 К.

Полиэтилен *низкого* давления получают в присутствии катализатора Циглера [смесь триэтилалюминия  $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$  с хлоридами титана(III) и (IV)] при температурах 293 – 323 К; степень полимеризации его колеблется от 1100 до 1400; полиэтилен размягчается при 398 – 411 К. Важнейшие свойства показаны в таблице

Табл. 14.1. Свойства полиэтилена

Свойства	Полиэтилен вы- сокого давления	Полиэтилен низ кого давления
Степень кристалличности, %	50 – 65	75 – 90
Плотность, $\text{кг/м}^3$	910 – 930	920 – 970
Температура плавления, $^{\circ}\text{C}$	102 – 105	125 – 137
Молярная масса, г/моль	50 – 800 тысяч	50 – 3000 тысяч

Проанализируйте особенности свойств полиэтилена низкого и высокого давления и выскажите предположения об областях их использования. По физико-механическим свойствам полиэтилен низкого давления является лучшим материалом среди других разновидностей полиэтилена.

Полиэтилен не растворяется в воде и спиртах. Он легче воды; растворяется в бензоле, толуоле и других ароматических растворителях. Устойчив к действию щелочей и кислот (кроме азотной).

По химическим свойствам полиэтилен близок к алканам: он горит, при нагревании деполимеризуется; при достаточно высоких температурах разлагается; вступает в реакции замещения с галогенами (при определенных температурах). Он проявляет и другие химические свойства.

Полиэтилен широко применяется в быту и производстве. Он хороший диэлектрик, поэтому применяется для изоляции электропроводов и кабелей. Газо- и водонепроницаемость полиэтилена и способность к образованию пленок позволяет использовать его как упаковочный материал (изготовление пакетов и других изделий). Полиэтиленовая пленка не поглощает ультрафиолетовых лучей, поэтому ее применяют в сельском хозяйстве в теплицах и парниках. Из полиэтилена изготавливают тару, пробки, посуду, трубы, детали сантехнического оборудования, игрушки и т.д.

#### **Задания для самостоятельной работы.**

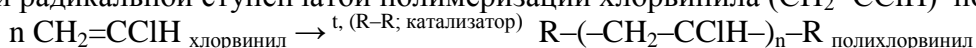
1. Почему полиэтилен относится к полимерам?
2. Получите полиэтилен из метана (число стадий минимально; напишите уравнения).
3. Запишите формулу полиэтилена с  $n = 12$ , назовите его агрегатное состояние, поясните, может ли это вещество обесцвечивать бромную воду (обоснуйте).
4. Приведите три обоснованных примера, иллюстрирующих применение полиэтилена.





#### 14.12. Полихлорвинил (поливинилхлорид)

Поливинилхлорид – термопластичный полимер линейной структуры. Его получают при радикальной ступенчатой полимеризации хлорвинила ( $\text{CH}_2=\text{CClH}$ ) по схеме:



Полихлорвинил устойчив к действию кислот, щелочей, хороший диэлектрик, практически не горит, но легко разлагается, выделяя хлороводород.

На основе поливинилхлорида получают два типа пластмасс:

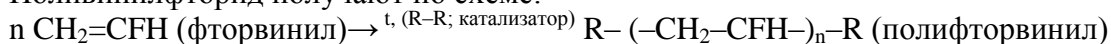
1. **Винипласты** – обладают довольно высокой твердостью и жесткостью.
2. **Пластикаты** – мягкие пластмассы.

Для придания мягкости в полихлорвинил вводят пластификаторы, а для предотвращения разложения – стабилизаторы.

*Винипласты* используют для изготовления труб, химической аппаратуры, аккумуляторных банок и т.д. Из *пластикатов* вырабатывают линолеум, искусственную кожу, клеенку, грампластинки, непромокаемые ткани; его используют как изоляционный материал особенно при защите подводных кабелей. Из полихлорвинила изготавливают химически стойкие негорючие детали химической аппаратуры, аккумуляторные банки и т.д.

Аналогом полихлорвинила является **полифторвинил**, который получают реакцией полимеризации фторвинила  $\text{CH}_2=\text{CFH}$ .

Поливинилфторид получают по схеме:



Полифторвинил применяется для получения прозрачных эластичных химически и атмосферостойких пленок.

#### **Задания для самостоятельной работы.**

1. Чем по составу поливинилхлорид отличается от полиэтилена; напишите схему его получения из метана и хлора минимальным числом стадий.
2. Назовите группы пластмасс, получаемых на основе поливинилхлорида и области их применения.
3. Рассчитайте молярную массу полихлорвинила, если степень его полимеризации 600.

### 14.13. Каучуки. Резина.

**Каучуками** называются продукты реакции полимеризации сопряженных диеновых соединений, в элементарном звене которых содержится двойная связь (сопряженные диеновые соединения рассмотрены в разделе 12.9., а реакция их полимеризации – 11.5).

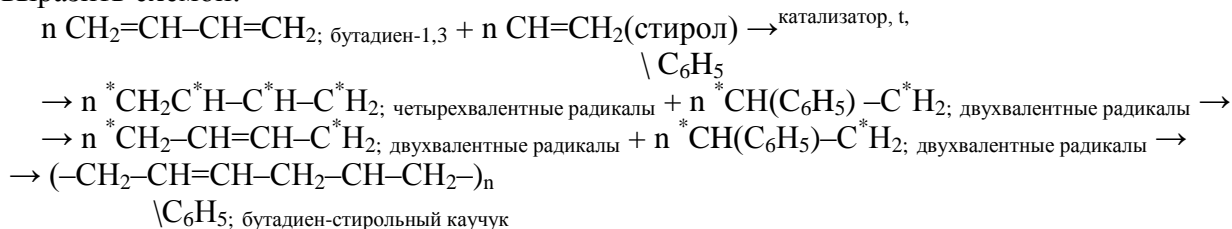
Существуют синтетические и естественные (природные) каучуки. Природный каучук добывают из тропического растения – гевеи, а также из растений кок- и тау-сагыза. Наибольшее практическое значение имеет добыча натурального каучука из млечного сока гевеи – латекса. Млечный сок гевеи подвергают коагуляции и, используя определенный технологический цикл, в конечном счете, выделяют натуральный каучук.

При деполимеризации натурального каучука получают 2-метилбутадиен-1,3 (изопрен).

Схематически формула натурального каучука:  $(-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-)_n$ . Это стереорегулярный полимер, поэтому обладает высокими технологическими свойствами (эластичен, механически прочен и др.), что позволяет широко применять его в разных сферах человеческой деятельности. Но запасов натурального каучука недостаточно для удовлетворения в нем нужд человечества, поэтому каучук получают синтетически.

Синтетический каучук получают из бутадиена-1,3; 2-хлор-бутадиена-1,3 (хлоропрена), изопрена, сополимеризацией дивинила (бутадиена-1,3) и стирола и др.

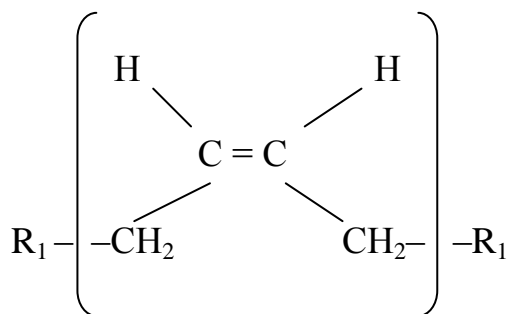
Рассмотрим сущность процесса сополимеризации дивинила и стирола, который можно выразить схемой:



Синтез дивинила из этанола осуществил русский ученый С.В. Лебедев (13.5). В настоящее время дивинил получают из н-бутана при его дегидрогенизации.

Хлоропрен получают из винилацетилена, являющегося продуктом димеризации ацетилена (12.8.). *Напишите* схемы реакций полимеризации хлоропрена и дивинила.

Каучуки являются полимерами линейной структуры, термопластичны. Важнейшим свойством каучуков является их эластичность. Как показали исследования, эластичностью обладают каучуки стереорегулярного строения, у которых элементарное звено является цис-изомером, поэтому синтез каучуков нужно вести в таких условиях, в которых получают молекулы такого строения. (**Эластичность** – способность тела изменять



свою форму под влиянием растягивающего механического воздействия, и принимать исходную форму после его прекращения).

Бутадиеновый каучук стереорегулярного строения, в отличие от каучука нерегулярного строения, называют **дивиниловым**.

Дивиниловый каучук по стойкости к истиранию превосходит натуральный.

Каучуки обладают ценными свойствами, но при повышении температуры они размягчаются, а изделия из них прилипают к

поверхности. При низких температурах изделия из каучука становятся хрупкими.

Каучуки горят, разлагаются, подвергаются деполимеризации. Их растворы в органических растворителях обесцвечивают бромную воду и кислый раствор перманганата калия (доказательство наличия двойных связей в полимерной цепи).

Для придания лучших механических свойств и предотвращения размягченного и хрупкого состояний каучуки подвергают вулканизации.

Процесс превращения каучука в резину, за счет его превращения из полимера линейной структуры в полимер трехмерной структуры под воздействием определенных факторов (температуры, добавок некоторых веществ и др.), называется **вулканизацией**.

Различают горячую и холодную вулканизацию.

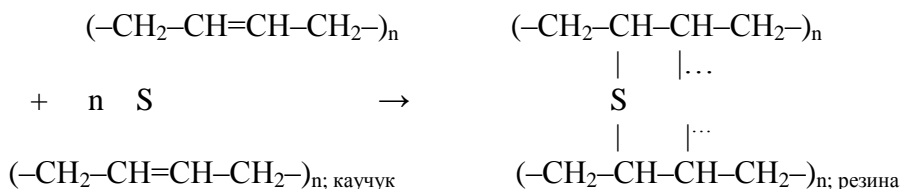
Вулканизация, протекающая при высокой температуре в присутствии серы, называется **горячей**.

**Холодной** называется вулканизация, протекающая при воздействии раствора серы в сероуглероде при обычной температуре.

Продуктом вулканизации является или *резина*, механические свойства которой (твердость, эластичность и др.) зависят от степени вулканизации или *эбонит*. При 100%-ной вулканизации каучука получают твердое неэластичное вещество – эбонит.

Сущность вулканизации состоит в том, что под влиянием серы при нагревании двойные связи разрываются и линейные полимерные цепи «сшиваются» сульфидными мостиками. При этом возникает полимер трехмерной пространственной структуры и, в конечном счете, термопластичный полимер становится термореактивным.

Процесс вулканизации можно выразить схемой:



Каучуки используют для приготовления «резиновых» клеев, для производства резины, которая широко используется в авто- и машиностроении. Без резины в настоящее время нельзя представить современной цивилизации.

При изготовлении резины используют каучуки (смола), наполнители (углерод), антистартеры. Резину используют для изготовления игрушек, непромокаемых тканей, жевательной резинки, одежды. Большие количества резины потребляет авиа- и автотранспорт.

Отработанная резина трудно утилизируется. Она плохо разлагается под воздействием естественных факторов среды, не усваивается микроорганизмами. Это приводит к возникновению экологических проблем. Установлено, что утилизировать отработанную резину можно при производстве строительных работ, вводя измельченные, отработанные изделия из резины в состав строительных материалов. Проблема утилизации отработанных резиновых изделий требует своего решения.

#### **Задания для самостоятельной работы.**

1. Чем каучуки как ВМС принципиально отличаются от других полимеров (обоснуйте).
2. Что такое природный каучук и можно ли каучук, полученный полимеризацией изопрена считать натуральным?
3. Чем синтетические каучуки отличаются от натурального каучука?
4. Почему каучуки применяются человеком (на трех обоснованных примерах)

#### 14.14. Фенолформальдегидные смолы

Продукты реакций поликонденсации формальдегида и фенола называются **фенолформальдегидными смолами**.

Фенолформальдегидные смолы являются разновидностями фенолоальдегидных смол, так как в реакцию поликонденсации с фенолом могут вступать и другие альдегиды.

Сущность реакции поликонденсации изложена в 11.6. Фенолформальдегидные смолы в зависимости от условий получения бывают новолачными, резольными и резитольно-резитными (уравнения реакции их получения см. 11.6).

Фенолформальдегидные смолы находят широкое применение в составе различных композиционных материалов, где они играют роль связующего. Процесс получения таких пластмасс ведут так, что смола, термопластичная вначале (резольная или новолачная), далее после термообработки превращается в полимер трехмерной пространственной структуры, т.е. становится термореактивной.

В результате всех этих реакций получают изделия, стойкие к воздействию кислот, щелочей, достаточно высоких температур. Они хорошие диэлектрики. В качестве наполнителей используют древесную муку и получают методом горячего прессования штепселя, розетки, радиодетали, телефонные трубки и т.д.

Если в качестве наполнителей используют волокнистые материалы, то получают пластмассы, называемые **волокнистами**.

Волокнисты применяются для изготовления различных изделий (рейки, фланцы, переключатели и др.).

Из фенолформальдегидных смол получают и **текстолиты**.

Материалы, изготовленные на основе фенолформальдегидных смол, когда наполнителем являются хлопчатобумажные ткани называются **текстолитами**.

Текстолиты применяют для изготовления шестерен, шкивов, подшипников и других деталей технического назначения.

Фенолформальдегидные смолы используют для изготовления древесно-слоистых пластиков и стеклотекстолитов, клеев и т.д.

Изделия из фенолформальдегидных смол могут негативно влиять на природные экологические процессы, так как они способны разлагаться при высоких температурах, выделяя при этом фенол и другие, вредные для организмов вещества. Это необходимо учитывать при проектировании возможного использования изделий из фенолформальдегидных смол.

#### **Задания для самостоятельной работы.**

1. Назовите известные разновидности фенолформальдегидных смол.
2. Чем отличаются фенолформальдегидные смолы и фенолформальдегидные пластмассы?
3. Назовите разновидности термопластичных фенолформальдегидных смол, напишите схемы их получения и приведите обоснованные примеры их применения.
4. Чем текстолиты отличаются от древесно-слоистых пластиков и волокнистов?
5. Приведите обоснованный пример, иллюстрирующий экологическую роль фенолформальдегидных смол и пластмасс на их основе.

#### 14.15. Общая характеристика волокон

**Волокна** – это материалы, из которых при прядении получают нити, используемые для изготовления тканей. В технике используют два типа волокон: *природные* и *химические*.

**Природными** называют волокна, которые добывают в виде волокон из природных источников. По характеру источника различают волокна **растительного** происхождения (хлопковое, льняное, кунжутное, конопляное и др.) и волокна **животного** происхождения (шелковое, шерстяное и др.). Естественных источников волокнистых материалов недостаточно. Поэтому были разработаны методы получения **химических** волокон, т.е. таких волокон, в основе получения которых лежат различные химические процессы.

Химические волокна относительно характера исходного материала подразделяют на *искусственные* и *синтетические*.

**Синтетическими** называют волокна, которые получают из полимеров, полученных химическими методами.

Волокна, полученные из капрона, нейлона, энанта, лавсана являются синтетическими. Такие волокна получают из термопластических смол. Смолы образуются из мономеров за счет реакций поликонденсации или полимеризации. Из полученной смолы далее каким-либо способом формируют волокно.

1. Расплав соответствующего термопластичного полимера продавливают через фильтры, получающиеся нити наматывают на катушку, затем их скручивают и получают соответствующее волокно.

2. Полимер растворяют в соответствующем растворителе; полученную смесь продавливают через фильеры, растворитель или нейтрализуется или испаряется, а полученные нити далее превращаются в волокна.

**Искусственными** называют волокна, которые получают из «готовых» природных полимеров, (целлюлозы и др.), молекулы которых располагаются хаотично, поэтому не могут образовать волокнистого материала.

Химическими методами природный полимер переводят в растворимое, а затем и в растворенное состояние, и далее из него получают волокно. К искусственным волокнам относят медноаммиачный шелк, вискозное и ацетатное волокна и др.

#### **Задания для самостоятельной работы.**

1. Чем волокна отличаются от неволокнистых материалов (обоснуйте)?
2. Назовите виды волокон исходя из их происхождения; приведите примеры.
3. Что общего и чем различаются природные и химические волокна?.
4. Чем различаются синтетические и искусственные волокна; почему их относят к химическим волокнам?
5. Кратко охарактеризуйте способы формовки волокна.

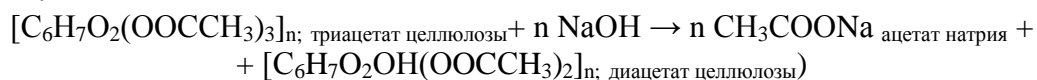
#### 14.16. Искусственные волокна на основе клетчатки (целлюлозы)

Целлюлоза – терморезистивный, практически не растворимый полимер (ни в воде ни в органических растворителях). Тем не менее, она достаточно хорошо растворяется в реактиве Швейцера (водном растворе гидроксида тетрааммиака меди(II)  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$ ). Если раствор целлюлозы в реактиве Швейцера пропустить через фильтры в раствор соляной кислоты, то образуются нити, из которых получается волокно, называемое медноаммиачным шелком (*шелком* называют волокна, полученные скручиванием очень длинных исходных нитей).

Если целлюлозу обработать уксусным ангидридом и через ряд последовательных стадий получить диацетат целлюлозы и это соединение растворить в ацетоне, пропустить его через фильтры в ствол, в который поступает нагретый воздух, то можно получить **ацетатное** волокно.

Формула диацетата целлюлозы:  $[(\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2\text{OH}(\text{OOCCH}_3)_2)_n]$ .

Диацетат целлюлозы получают из триацетата целлюлозы (см. 13.26), при неполном его омылении:



При последовательной обработке целлюлозы концентрированным раствором едкого натра и сероуглеродом ( $\text{CS}_2$ ) получают ксантогенат целлюлозы, являющийся сырьем для получения вискозы, из которой получают вискозное волокно. Для получения вискозного волокна из ксантогената целлюлозы, раствор последнего продавливают через фильтры в разбавленный раствор соляной кислоты, ксантогенат превращается в волокнистую целлюлозу, из которой далее получают или шелковое или штапельное волокна (*штапель* – волокно, получаемое из коротких скрученных нитей).

Искусственные волокна, полученные на основе целлюлозы (ацетатное волокно, медноаммиачный шелк и др.) широко применяются для изготовления тканей, используемых для пошива летнего платья. Однако их эксплуатационные свойства несколько хуже, чем изделий, изготовленных из природных волокон. Поэтому химические (в том числе и искусственные) волокна в последнее время используются как добавки к природным волокнам. Применяемые в таком виде, они улучшают эксплуатационные свойства тканей (придают им несминаемость, способствуют лучшему удалению загрязнений, придают более привлекательный внешний вид) и в тоже время не ухудшают гигиенических свойств, присущих тканям, изготовленным только из природных волокон.

Применение химических волокон расширяет сырьевую базу для получения одежды и технических тканей. Нужно учитывать воздействие изделий из химических тканей на организм человека и находить пути нейтрализации неблагоприятных воздействий и умело использовать свойства этих волокон, повышающие качество изделий из природных волокон.

Производства химических волокон оказывают неблагоприятное воздействие на природную окружающую среду. Это следует учитывать при эксплуатации таких производств. Необходима такая организация эксплуатации этих производств, при которой их негативное воздействие на Природу будет минимальным.

#### **Задания для самостоятельной работы.**

1. Можно ли использовать природную целлюлозу для получения волокон (обоснуйте)?
2. Почему ацетатное, вискозное волокно и медно-аммиачный шелк относят к химическим искусственным волокнам?
3. Чем шелк отличается от штапеля?
4. Охарактеризуйте процесс получения ацетатного волокна из древесины.
5. Приведите обоснованный пример, иллюстрирующий необходимость природоохранных мер для производств химических волокон.

#### 14.17. Распознавание полимеров и волокон

В деятельности человека часто необходимо идентифицировать органическое вещество (полимер, волокно и др.). Рассмотрим идентификацию некоторых наиболее часто применяемых полимеров и волокон.

1. Полиэтилен и изделия из него: твердое непрозрачное, бесцветное или окрашенное вещество (если в него введен краситель); пленки – полупрозрачны; жирный на ощупь; при нагревании легко размягчается, переходит в жидкое состояние: горит ярким пламенем, выделяя запах парафина; продолжает гореть вне пламени.

2. Полихлорвинил и изделия из него: твердое, эластичное в тонких слоях и жесткое в толстом слое; может быть прозрачным или непрозрачным; при нагревании размягчается; сильное нагревание приводит к разложению и появлению запаха хлороводорода; горит коптящим пламенем, вне пламени гаснет.

3. Полистирол и изделия из него: хрупкий, неэластичный, прозрачный или непрозрачный (пенополистирол); при нагревании размягчается, переходит в жидкое состояние; из него легко вытягиваются нити; горит коптящим пламенем, выделяя запах стирола; продолжает гореть вне пламени.

4. Полиметилметакрилат (плексиглас): твердое, прозрачное непластичное вещество; при нагревании размягчается, но не вытягивается в нити; горит желтым с синей каймой пламенем.

5. Изделия из фенолформальдегидных смол: неэластичные, твердые, часто хрупкие вещества; при нагревании не размягчаются, при повышенных температурах – разлагаются; загораются с трудом при длительном нахождении в пламени, выделяя при этом запах фенола.

6. Хлопковое волокно и ткани из него: при нагревании горят, выделяя запах жженой бумаги; растворяется в азотной (раствор бесцветен) и серной кислотах; в растворах щелочей набухают, не растворяясь.

7. Вискозное волокно и ткани из нее: характеризуется признаками, аналогичными для хлопкового волокна, но в отличие от него с серной кислотой образует раствор красно-коричневого цвета; в растворе щелочей не набухает, а растворяется.

8. Ацетатное волокно и ткани из него: при внесении в пламя загораются (вне пламени гаснут); спекаются в темный хрупкий шарик; растворяются в азотной и серной кислотах, образуя бесцветные растворы; в растворах щелочей сначала желтеют, потом растворяются.

9. Шерсть, натуральный шелк и ткани из них: горят, выделяя запах жженого рога (паленых волос); разрушаются серной кислотой, растворяются в растворах щелочей; окрашиваются азотной кислотой в желтый цвет, который переходит в оранжевый при действии аммиака.

10. Капроновое волокно и ткани из него: При нагревании размягчаются, далее плавятся, образуя твердый нехрупкий блестящий шарик; из расплава вытягиваются в нити; горят в пламени, выделяя неприятный запах; растворяются в азотной и серной кислотах, образуя бесцветные растворы; в щелочах не растворяются.

11. Лавсановое волокно и изделия из него: плавятся при нагревании; из расплава можно вытягивать нити; горят, образуя твердый блестящий шарик; растворяется в серной кислоте; в азотной кислоте и щелочах не растворяется.

### **Задания для самостоятельной работы.**

1. Как доказать, что компактная смола и волокно состоят из одного вещества – капрона (если есть предположение, что они состоят из этого вещества).

2. Как определить, из хлопка или ацетатного волокна изготовлена предложенная вам ткань.

3. Охарактеризуйте Ваши действия, если Вам предложено из трех образцов, состоящих из полимеров, выявить то, которое образовано полихлорвинилом.

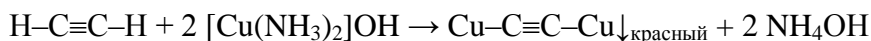


#### 14.18. Реакции характерные на некоторые органические вещества

##### 1. Реакции на ацетилен.

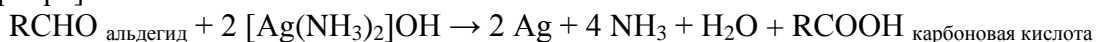
1.1. Ацетилен – непредельное соединение, поэтому если даны предельные газы и ацетилен, то его можно определить с помощью бромной воды (см. этого раздела);

1.2. Специфической характерной реакцией на ацетилен является его взаимодействие с аммиачным раствором хлорида меди(I), в результате которой образуется осадок красного цвета:



2. Реакция на альдегиды (основана на их способности к окислению в «мягких» условиях):

2.1. Реакция «серебряного зеркала»: альдегид восстанавливает серебро из аммиачного раствора оксида серебра(I) [на чистой стеклянной поверхности возникает зеркальный слой серебра]:



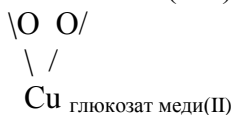
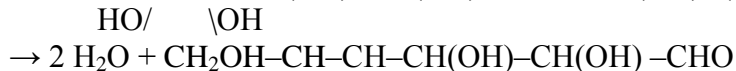
2.2. Окисление гидроксидом меди(II) – при нагревании свежеполученного гидроксида меди(II) с альдегидом выпадает кирпично-красный (иногда ярко-оранжевый) осадок оксида меди(I):



2.3. Взаимодействие альдегидов с фуксинсернистой кислотой: при реакции альдегида с бесцветным раствором фуксинсернистой кислоты последний приобретает синевато-красную окраску.

3. Реакция на альдозы (например, на глюкозу). Глюкоза – альдоза, поэтому она проявляет и свойства многоатомных спиртов, и свойства альдегидов. Она реагирует с гидроксидом меди(II). Реакция протекает в несколько стадий. В первой стадии осадок гидроксида меди(II), растворяясь с образованием ярко-голубого раствора глюкозата меди(II). Во второй и последующих стадиях глюкозат меди(II) претерпевает изменения, за счет чего раствор сначала становится зеленым, потом образуется осадок оксида меди (I) кирпично-красного цвета (процесс ускоряется при нагревании):.

1 стадия. Глюкоза как полиатомный спирт (упрощенное уравнение):



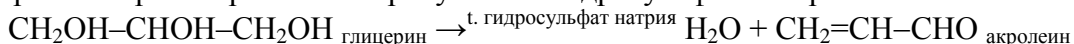
2 стадия. Глюкозат меди(II) при нагревании взаимодействует с водой с образованием глюконовой кислоты  $\text{CH}_2\text{OH}(\text{CHOH})_4\text{COOH}$  и осадка оксида меди(I).

*Примечание:* Альдозы способны реагировать с фуксинсернистой кислотой, превращая бесцветный раствор в синевато-красный (доказательство наличия альдегидной группы). Это позволяет отличить альдозы от кетоз (например, фруктозы).

4. Реакция на «непредельность»: при контакте вещества (газа или жидкости) с бромной водой или подкисленным раствором перманганата калия последние обесцвечиваются; предельные соединения не изменяют окраски бромной воды и подкисленного раствора перманганата калия.

5. Реакция на многоатомные спирты: взаимодействие многоатомного спирта с гидроксидом меди(II) сопровождается образованием ярко-голубого раствора, например глицерин, этиленгликоль и др. (уравнения см. 13.6 – 13.7).

6. Специфическая реакция на глицерин: основана на превращении глицерина в акролеин при нагревании в присутствии гидросульфита натрия:

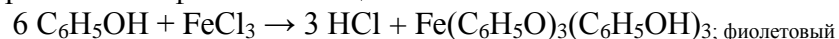


Акролеин идентифицируют по резкому, неприятному запаху («пригорелый жир»).

7. Реакция на фенол (карболовую кислоту):

7.1. Нерастворимый в воде фенол хорошо растворяется в растворе щелочи, образуя фенолят:  $C_6H_5OH + KOH \rightarrow H_2O + C_6H_5OK$  фенолят калия

7.2. Фенол взаимодействует с раствором соли железа(III), образуя комплексное соединение, окрашенное в фиолетовый цвет:



8. Реакция на органические кислоты. Органические кислоты (как и неорганические), изменяют окраску индикаторов (лакмус и метилоранж становятся красными); в отличие от неорганических, органические кислоты имеют специфический запах (уксусная кислота имеет запах уксуса и т.д.), кроме того, они горят.

9. Реакции на целлюлозу.

9.1. Горит на воздухе с запахом жженой бумаги (так можно обнаружить хлопчатобумажное волокно).

9.2. Целлюлоза нерастворима и не способна образовывать коллоидный раствор. Под действием воды, содержащей небольшое количество серной кислоты (катализатор), подвергается гидролизу с образованием глюкозы, которую можно обнаружить гидроксидом меди(II):  $(C_6H_{10}O_5)_n + n H_2O \rightarrow n C_6H_{12}O_6$ ; глюкоза

10. Реакция на крахмал. Крахмал с иодом образует комплексное соединение сине-фиолетового цвета; он нерастворим, но способен образовывать коллоидные растворы.

11. Реакции белки.

11.1. Ксантопротеиновая реакция – под действием на раствор белка (или твердый белок) концентрированной азотной кислоты появляется желтое окрашивание, которое становится оранжевым при добавлении аммиака.

11.2. При горении белкового волокна оно плавится и горит с выделением запаха жженого рога (так устанавливают шерстяное волокно) (на белки характерны и другие реакции, например, биуретова реакция).

12. Реакция на мыло – натриевые и калиевые соли высших жирных карбоновых кислот: при действии воды эти соли подвергаются гидролизу, образуя щелочь и органическую кислоту:  $C_{17}H_{35}COOK + H_2O \rightleftharpoons C_{17}H_{35}COOH + KOH$ ; щелочную среду доказывают фенолфталеином (он становится малиновым); при добавлении к раствору мыла раствора соли кальция щелочная среда исчезает и образуется хлопьевидный осадок, плавающий на поверхности воды (из-за несмачиваемости – гидрофобности).

### Задания для самостоятельной работы.

1. Как доказать, что в состав молекулы глюкозы входит альдегидная функциональная группа?
2. Как определить, в какой из пробирок содержится раствор мыла (обоснуйте)?
3. Как доказать, что целлюлоза, и крахмал – продукты поликонденсации глюкозы?
4. Докажите, что предложенное вам вещество – фенол.