

**Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»**

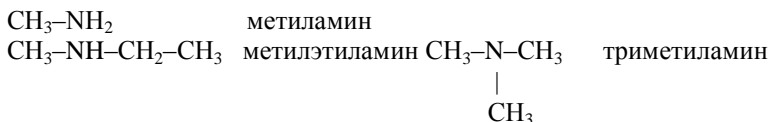
**Кафедра химии**

# **ХИМИЯ**

**Теоретический раздел  
Лекция  
Азотсодержащие соединения:  
амины и аминокислоты**

## 1. Амины

**Аминами** называют органические соединения, которые можно рассматривать как продукты замещения атомов водорода в аммиаке на органические радикалы. В зависимости от числа замещенных атомов различают первичные, вторичные и третичные амины. Названия аминов строят из названий органических радикалов с добавлением в окончание слова «амин»:



Группа  $\text{NH}_2$  называется аминогруппой.

### *Химические свойства аминов*

1. Гидролиз:  $\text{R-NH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow [\text{R-NH}_3]^+\text{OH}^-$ .
2. Взаимодействие с кислотами:  $\text{CH}_3\text{-NH}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{CH}_3\text{NH}_3\text{Cl}$ .
3. Горение:  $2\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2 + 15\text{O}_2 \rightarrow 8\text{CO}_2 + 2\text{N}_2 + 14\text{H}_2\text{O}$ .
4. Реакции с азотистой кислотой:
  - а) первичные амины превращаются в спирты:  
 $\text{R-NH}_2 + \text{NaNO}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{R-OH} + \text{N}_2 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ .
  - б) вторичные амины превращаются в нитрозосоединения:  
 $\text{R}_2\text{NH} + \text{NaNO}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{R}_2\text{N-N=O} + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ .

Получение аминов:

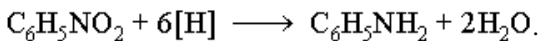
1. Нагревание алкилгалогенидов с аммиаком:  
 $2\text{NH}_3 + \text{CH}_3\text{Cl} \rightarrow [\text{CH}_3\text{NH}_3]\text{Cl} \rightarrow \text{CH}_3\text{NH}_2 + \text{NH}_4\text{Cl}$ .
2. Первичные амины получают восстановлением нитросоединений:



Первичные амины часто называют как производные углеводов, в молекулах которых один или несколько атомов водорода замещены на аминогруппы  $-\text{NH}_2$ . В этом случае аминогруппа указывается в названии суффиксами *амин* (одна группа  $-\text{NH}_2$ ), *диамин* (две группы  $-\text{NH}_2$ ) и т. д. с добавлением цифр, отражающих положение этих групп в главной углеродной цепи. Например:  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-NH}_2$  пропанамин-1;  $\text{H}_2\text{N-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH(NH}_2\text{)-CH}_3$  бутандиамин-1,3

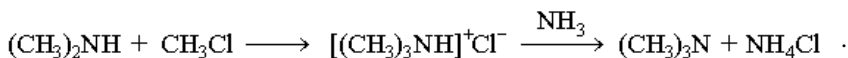
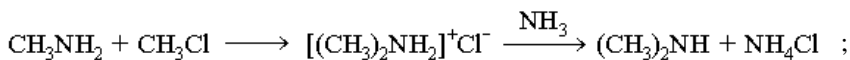
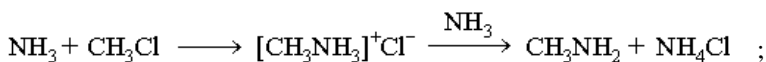
Наиболее общим методом получения первичных аминов является восстановление нитросоединений.

Важнейший ароматический амин – анилин – образуется при восстановлении нитробензола (восстановители – водород в присутствии металлических катализаторов, Fe + HCl, сульфиды):



Эта реакция носит имя русского химика Н. Н. Зинина, осуществившего ее впервые в 1842 году.

При нагревании галогеналканов с аммиаком образуется смесь первичных, вторичных и третичных аминов:

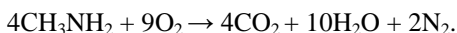


Для аминов характерны ярко выраженные основные свойства (за что их часто называют органическими основаниями). Взаимодействуя с кислотами, амины образуют соли. Соли аминов – твердые вещества, хорошо растворимые в воде. Щелочи (более сильные основания) легко вытесняют из них амины:

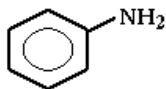


Основность ароматических аминов зависит также от характера заместителей в бензольном кольце. Электроноакцепторные заместители (–F, –Cl, –NO<sub>2</sub> и т. п.) уменьшают основные свойства ариламина по сравнению с анилином, а электронодонорные (алкил, –OCH<sub>3</sub>, –N(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub> и др.), напротив, увеличивают. Основность простейших аминов (в растворе) возрастает в ряду C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>NH<sub>2</sub> < NH<sub>3</sub> < (CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N < CH<sub>3</sub>NH<sub>2</sub> < < (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>NH.

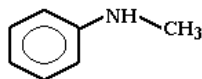
Алифатические амины окисляются под действием сильных окислителей. В отличие от аммиака, низшие газообразные амины способны воспламеняться от открытого пламени. Реакция горения (полного окисления) аминов на примере метиламина:



## Ароматические амины

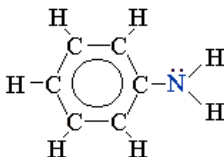


Фениламин  
(анилин)



Метилфениламин

**Анилин (фениламин)** C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>NH<sub>2</sub> – важнейший из ароматических аминов:

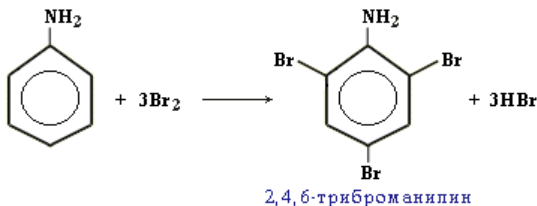


*структурная формула*

Он находит широкое применение в качестве полупродукта в производстве красителей, взрывчатых веществ и лекарственных средств (сульфаниламидные препараты). Анилин представляет собой бесцветную маслянистую жидкость с характерным запахом. На воздухе быстро окисляется и приобретает красно-бурую окраску. Ядовит.

Для анилина характерны реакции как по аминогруппе, так и по бензольному кольцу. Особенности этих реакций обусловлены взаимным влиянием атомов. С одной стороны, бензольное кольцо ослабляет основные свойства аминогруппы по сравнению алифатическими аминами и даже с аммиаком. С другой стороны, под влиянием аминогруппы бензольное кольцо становится более активным в реакциях замещения, чем бензол.

Например, анилин энергично реагирует с бромной водой с образованием 2,4,6-триброманилина (белый осадок). Эта реакция может использоваться для качественного и количественного определения анилина:

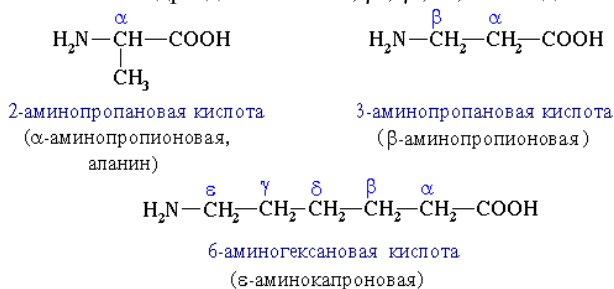


## 2. Аминокислоты

**Аминокислоты** – органические бифункциональные соединения, в состав которых входят карбоксильные группы –COOH и аминогруппы –NH<sub>2</sub>. Это замещенные карбоновые кислоты, в молекулах которых один или несколько атомов водорода углеводородного радикала заменены аминогруппами. Простейший представитель – аминокислота H<sub>2</sub>N–CH<sub>2</sub>–COOH (глицин).

Аминокислоты классифицируют по двум структурным признакам.

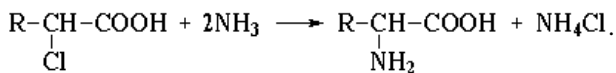
В зависимости от взаимного расположения amino- и карбоксильной групп аминокислоты подразделяют на α-, β-, γ-, δ-, ε- и т. д.:



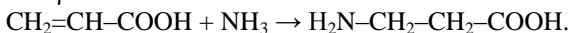
Для α-аминокислот R–CH(NH<sub>2</sub>)COOH, которые играют исключительно важную роль в процессах жизнедеятельности животных и растений, применяются тривиальные названия. Если в молекуле аминокислоты содержится две аминогруппы, то в ее названии используется приставка *диамино-*, три группы NH<sub>2</sub> – *триамино-* и т. д.

### Получение аминокислот

1. Замещение галогена на аминогруппу в соответствующих галогензамещенных кислотах:



2. Присоединение аммиака к α,β-непредельным кислотам с образованием β-аминокислот:

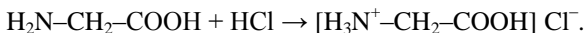


3. Восстановление нитрозамещенных карбоновых кислот (применяется обычно для получения ароматических аминокислот):

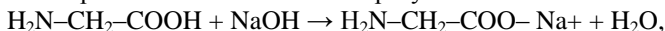


### Химические свойства аминокислот

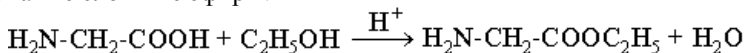
Аминокислоты проявляют свойства оснований за счет аминогруппы и свойства кислот за счет карбоксильной группы, т. е. являются амфотерными соединениями. Подобно аминам они реагируют с кислотами с образованием солей аммония:



Как карбоновые кислоты они образуют соли:

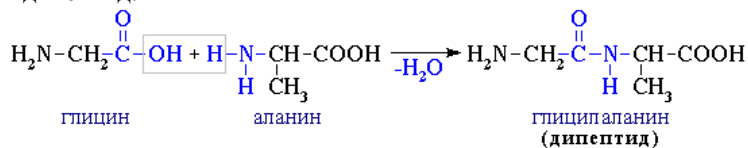


а также сложные эфиры:



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

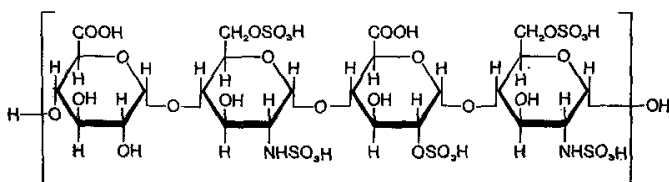
Межмолекулярное взаимодействие  $\alpha$ -аминокислот приводит к образованию пептидов. При взаимодействии двух  $\alpha$ -аминокислот образуется дипептид:



Источником  $\alpha$ -аминокислот для живых систем служат пищевые белки. Многие  $\alpha$ -аминокислоты синтезируются в организме животных, но некоторые не синтезируются и должны поступать с пищей. Это *незаменимые аминокислоты*: валин, гистидин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, треонин, триптофан, фенилаланин. Остальные аминокислоты могут синтезироваться в организме животных, их называют *заменимыми*: аланин, аргинин, аспарагин, аспарагиновая кислота, глицин, глутамин, глутаминовая кислота, пролин, серин, цистеин, тирозин.

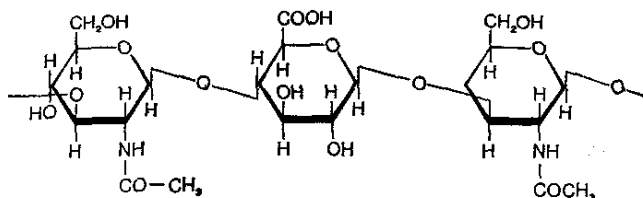
**Мукополисахариды** относятся к высокомолекулярным гетерополисахаридам, образующим комплексные соединения с белками. Они являются основными компонентами слизи (слюны, кишечного сока, слизи суставов). Основными представителями этой группы углеводов являются гепарин, гиалуроновая и хондроитинсерная кислоты.

**Гепарин** является представителем гетерополисахаридов. Это полимер с молекулярной массой 20 000, состоящий из остатков глюкуроновой кислоты,  $\alpha$ -D-глюкозамина и серной кислоты:



Гепарин препятствует свертыванию крови и поэтому широко используется в качестве антикоагулянта при переливании крови, а также для профилактики и лечения тромбозов.

*Гиалуроновая кислота* – гетерополисахарид, молекула которого образована остатками N-ацетил-β-D-глюкозамина и β-D-глюкуроновой и уксусной кислот. Глюкозамин соединен с кислотой (3-(1,4)-связью. Структура гиалуроновой кислоты имеет вид

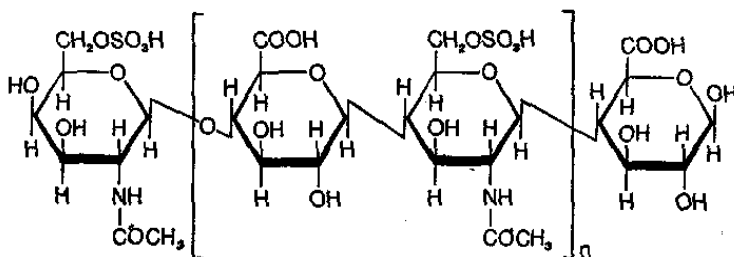


Молекулярная масса гиалуроновой кислоты – от 270 до 500 тыс. Благодаря ионизации карбоксильных групп гиалуроновая кислота взаимодействует с молекулами воды, различными ионами, образует высокомолекулярные комплексы с белками, растворы ее обладают большой вязкостью.

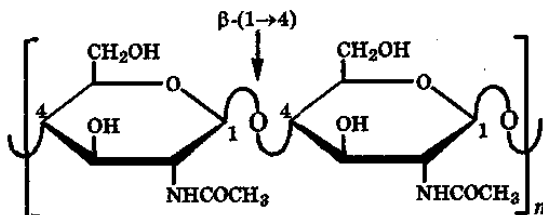
Гиалуроновая кислота обнаружена в синовиальной жидкости, сухожилиях, в стекловидном теле глаза, пупочном канатике, злокачественных опухолях. В организме человека и животных гиалуроновая кислота играет большую роль в процессах проницаемости клеточных мембран, оплодотворения и в формировании защитных свойств организма от инфекции.

*Хондроитинсерная кислота* – высокомолекулярный гетерополисахарид (молекулярная масса 40 000–50 000). При его гидролизе образуется N-ацетилгалактозамин, глюкуроновая, уксусная и серная кислоты. В процессе синтеза хондроитинсерной кислоты N-ацетилгалактозамин может соединяться с глюкуроновой кислотой β-1,3 или β-1,4-гликозидными связями.

В зависимости от структуры и составных компонентов хондроитин-сульфаты могут находиться в трех формах – А, В и С. Структурное отличие хондроитинсульфатов А и С определяется положением сульфатных остатков. В хондроитинсульфате А-сульфатная группа соединена сложноэфирной связью с С-4 N-ацетилгалактозамина, а в хондроитинсульфате С она соединена с С-6. В молекуле хондроитин-сульфата β-глюкуроновая кислота замещена ее изомером – идуроновой кислотой.



хондроитинсерная кислота



ХИТИН

## ЛИТЕРАТУРА

1. Биохимия. Краткий курс с упражнениями и задачами / под ред. чл.-кор. РАН, проф. Е. С. Северина, проф. А. Я. Николаева. – М.: ГЭОТАР-МЕД, 2001. – 448 с.
2. Грандберг, И. И. Органическая химия: учебник для студ. вузов, обуч. по агроном. спец. / И. И. Грандберг. – 6-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2004. – 672 с.
3. Ким, А. М. Органическая химия: учеб. пособие / А. М. Ким. – 3-е изд., испр. и доп. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2002. – 971 с.
4. Тюкавкина, Н. А. Биоорганическая химия: учебник / Н. А. Тюкавкина, Ю. И. Бауков. – М.: Дрофа, 2005. – 542 с.
5. Цыганов, А. Р. Биохимия. Практикум: учеб. пособие / А. Р. Цыганов, И. В. Сучкова, И. В. Ковалева. – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – 150 с.
6. Белясова, Н. А. Биохимия и молекулярная биология: учеб. пособие / Н. А. Белясова. – Минск: Книжный дом, 2004. – 416 с.
7. Николаев, А. Я. Биологическая химия: учебник / А. Я. Николаев. – М.: Мед.информ. агентство, 2004. – 566 с.
8. Слесарев, В. И. Химия: основы химии живого: учебник для вузов / В. И. Слесарев. – СПб.: Химиздат, 2001. – 784 с.

### Составители

**Поддубная** Ольга Владимировна  
**Ковалева** Ирина Владимировна  
**Мохова** Елена Владимировна