# 6. АЗОТСОДЕРЖАЩИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА

#  Гетерофункциональные соединения

## § 6.1 Аминоспирты, амиды кислот

* **Аминоспирты** – гетерофункциональные соединения, содержащие гидроксильную и аминогруппы.

Для аминоспиртов характерна реакционная способность аминов и спиртов. Они проявляют основные свойства и применяются в составе моющих средств, косметических и лекарственных препаратов. Наиболее известными среди аминоспиртов являются природные соединения: этаноламин (коламин), холин, ацетилхолин:

|  |  |
| --- | --- |
| *Коламин* |  *(аминэтанол)* |
| *Холин* |   |
| *Ацетилхолин* |   |

Коламин и холин в организме животных участвуют в регуляции жирового обмена веществ, холин входит в состав глицерофосфолипида – лецитина. После этерификации холина уксусной кислотой образуется ацетилхолин, который в организме участвует в передаче нервных импульсов и выполняет функции нейромедиатора, инициирующего мышечные сокращения.

* **Амидами** называются производные карбоновых кислот, содержащие аминогруппу в карбоксиле вместо гидроксильной группы.

Амиды образуются при нагревании аммонийных солей карбоновых кислот или при действии аммиака на сложные эфиры.





Низкомолекулярные формамид и ацетамид применяются в ка честве растворителей (формамид), в бумажной, текстильной промышленности. Амиды играют важную роль в природе. Они входят в состав пептидов и белковых молекул.

Наиболее важное практическое и биологическое значение имеет **карбамид** или **мочевина** – это кристаллическое вещество, хорошо растворимое в воде. Мочевина является конечным продуктом азотистого обмена в организме животных. Она образуется при распаде белков и выделяется с мочой. С точки зрения состава молекулы, её можно рассматривать как полный амид угольной кислоты:



Мочевина была получена немецким учёным Велером в 1828 году и стала первым органическим веществом, полученным синтетическим путём. В настоящее время в промышленности мочевину получают из аммиака и углекислого газа при нагревании (150°С) и высоком давлении:



Мочевину используют в качестве высококонцентрированного азотного удобрения (46,5% азота), которое можно использовать на любых почвах. Применяют мочевину также в качестве кормовой добавки для жвачных животных.

Под действием фермента уреазы мочевина разлагается на аммиак и углекислый газ:



Кроме того, мочевина разлагается азотистой кислотой, вступая в качественную реакцию, характерную для первичных аминов.

## § 6.2 Аминокислоты

* **Аминокислоты**– органические бифункциональные соединения, в состав которых входят две функциональные группы: *карбоксильная* -СООН и *аминогруппа* -NH2.

Наличие в молекуле кислотной и основной группировок делает аминокислоты **амфотерными соединениями**.

#### Классификация аминокислот

**1. По взаимному расположению функциональных групп**

В зависимости от взаимного расположения амино- и карбоксильной групп аминокислоты подразделяют на α- , β- , γ- , δ- , ε- и т. д. Греческая буква при атоме углерода обозначает его удаленность от карбоксильной группы. Например:



Наибольшее биологическое значение имеют 20 α-аминокислот. Они образуют все белковые вещества в живых организмах.

**2. По строению бокового радикала** α-аминокислотыможно разделить на:

**Алифатические аминокислоты** обладают алифатическим разветвлённым или неразветвлённым боковым радикалом и содержат разное количество карбоксильных и аминогрупп, а также могут включать другие функциональные группы:

* **Моноаминомонокарбоновые** кислоты имеют в составе одну аминогруппу и одну карбоксильную группу, к ним относятся: ***глицин, аланин, валин, лейцин, изолейцин***.
* **Моноаминодикарбоновые** кислоты имеют в составе одну аминогруппу и две карбоксильных группы: ***аспарагиновая кислота, глутаминовая кислота***.
* **Амиды моноаминодикарбоновых** кислот в молекулах которых одна из карбоксильных групп под действием аммиака превращена в амидную группировку: ***аспарагин, глутамин***.
* **Диаминомонокарбоновые** кислоты включают две аминогруппы и одну карбоксильную группу: ***лизин, аргинин***.
* **Оксимоноаминомонокарбоновые** кислоты имеют в составе одну аминогруппу, одну карбоксильную и гидроксильную группу: ***серин, треонин***.
* **Серосодержащие** кислоты содержат атомы серы: ***метионин, цистеин,*** *цистин* (*димер цистеина*).

**Ароматические аминокислоты** содержат в структуре молекулы бензольное кольцо: ***фенилаланин, тирозин***.

**Гетероциклические аминокислоты** включают циклы с гетероатомом азота: ***триптофан, гистидин***.

К α-аминокислотам также относят иминокислоту, в составе которой вместо аминогруппы присутствует азотсодержащий гетероцикл – ***пролин***, а также его оксипроизводную – *оксипролин*.

**3. По биологической роли** α-аминокислоты делят на две группы.

* **Заменимые** могут синтезироваться в живом организме: *аланин, аргинин, аспарагин, аспарагиновая кислота, цистеин, глицин, глутамин, глутаминовая кислота, гистидин, пролин, серин, тирозин*.
* **Незаменимые** попадают в организм вместе с пищей животного и растительного происхождения: *валин, лейцин, изолейцин, лизин, метионин, треонин, триптофан и фенилаланин.*

**Химические свойства аминокислот**

**1. Кислотно-основное равновесие в водных растворах.** Аминокислоты являются электролитами, способными в водных растворах образовывать ионы. При этом для кислот характерен механизм диссоциации с образованием катионов водорода Н+, которые формируют кислую среду. Основания при диссоциации формируют щелочной характер среды за счёт присутствия в растворе гидроксид-анионов ОН −. Так как в составе молекул аминокислот присутствуют функциональные группы как кислотного, так и основного свойства, то аминокислоты относят к **амфолитам**.



В водных растворах и твердом состоянии аминокислоты существуют в виде внутренних солей. При этом характер ионизации молекул аминокислот зависит от кислотного или щелочного характера среды:



В кислой среде молекулы аминокислот представляют собой катион. В щелочной среде аминокислоты существуют в виде аниона. В нейтральной среде аминокислоты образуют **цвиттер-ион** или **биполярный ион**.

В зависимости от количества функциональных групп водные растворы аминокислот могут иметь нейтральную, кислую или щелочную среду.

* Аминокислоты с одной карбоксильной группой и одной аминогруппой имеют нейтральную реакцию водного раствора.
* Аминокислоты с двумя карбоксильными и одной аминогруппой имеют кислый характер среды водного раствора.
* Аминокислоты с одной карбоксильной и двумя аминогруппами имеют щелочной характер среды водного раствора.

**2. Взаимодействие с кислотами и основаниями.** Проявляя амфотерные свойства α-аминокислоты могут реагировать как с основаниями, так и с кислотами с образование солей:



**3. Межмолекулярное взаимодействие α-аминокислот – образование пептидов.** При взаимодействии карбоксильной группы одной молекулы α-аминокислоты и аминогруппы другой молекулы образуется пептидная связь и отщепляется молекула воды. В результате аминокислоты образуют пептиды. При взаимодействии двух α-аминокислот образуется *дипептид.* Эта реакция относится к процессам поликонденсации.



Поликонденсация с участием трех α-аминокислот приводит к образованию *трипептида* и так далее. В пептидах и белках аминокислотные остатки связаны в цепочку, которая начинается с N-конца, то есть с аминогруппы крайней аминокислоты, и заканчивается С-концом с карбоксильной группой. Важнейшие природные полимеры –*белки* (или *протеины*) – относятся к *полипептидам*.

Поликонденсация ε-аминокапроновой кислоты приводит к формированию полимерных цепей полимера *капрона*, который используется при производстве тканей.

**4. Реакция декарбоксилирования**. При нагревании, а также в присутствии фермента декарбоксилазы, аминокислоты отщепляют молекулу СО2.



Эта реакция сопровождает процессы разложения белка с выделением аминов.

**5. Реакция дезаминирования**. Отщепление аминогруппы от молекул аминокислот может происходить под действием фермента дезаминазы или азотистой кислоты:



Таким образом, аминокислоты вступают в качественную реакцию с НNO2 на первичную аминогруппу.

**6. Взаимодействие с катионами тяжёлых металлов**. Аминокислоты способны реагировать с катионами двух- и трёхвалентных металлов, образуя комплексные соединения. Так реакция с катионами меди (II) используется для обнаружения α-аминокислот тёмно-синему окрашиванию раствора (*качественная реакция*).



#### Биологическая роль аминокислот

В природе встречаются в основном  α-аминокислоты, в молекулах которых аминогруппа расположена у второго атома углерода в цепи, т.е. в α-положении. Такие α-аминокислоты образуют первичную структуру белков.

В составе белков найдено 20 различных α-аминокислот, поэтому их называют белковыми аминокислотами. Все другие аминокислоты существуют в свободном состоянии или в составе коротких пептидов, или комплексов с другими органическими веществами. Многие из них найдены только в определенных организмах, а некоторые – только в одном каком-либо организме.

Большинство микроорганизмов и растения синтезируют необходимые им аминокислоты, животные и человек не способны к образованию так называемых **незаменимых аминокислот**, получаемых с пищей. К **заменимым** относятся аминокислоты, присутствие которых в пище не обязательно для нормального развития организма. В случае их недостаточности они могут синтезироваться из других аминокислот или из небелковых компонентов.

Аминокислоты являются наиболее важной составной частью организма – это строительные блоки, из которых состоят клеточные белковые структуры, мышечные волокна. Организм использует их для собственного роста, восстановления, укрепления и выработки различных гормонов, антител и ферментов.

**Таблица 1. Важнейшие аминокислоты.**



Аминокислоты участвуют в обмене белков и углеводов, в образовании важных для организмов соединений (например, пуриновых и пиримидиновых оснований, являющихся неотъемлемой частью нуклеиновых кислот), входят в состав гормонов, витаминов, алкалоидов, пигментов, токсинов, антибиотиков и т. д.

С нарушением обмена аминокислот связан ряд наследственных и приобретённых заболеваний, сопровождающихся серьёзными проблемами в развитии организма.

|  |  |
| --- | --- |
|  | КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ К §§ 6.1-6.2 |

1. Какие вещества относят к аминоспиртам и амидам карбоновых кислот? Приведите примеры. Где используют мочевину?

2. Какие вещества называют α-аминокислотами? Чем заменимые α-аминокислоты отличаются от незаменимых? Перечислите представителей этих групп.

3. Распределите α-аминокислоты по группам и заполните таблицу:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Классификационная группа α-аминокислот | Название α-аминокислоты | Структурная формула |
| **Алифатические** * ***моноаминомонокарбоновые:***
 |  |  |
| * ***моноаминодикарбоновые:***
 |  |  |
| * ***амиды моноаминодикарбоновых:***
 |  |  |
| * ***диаминомонокарбоновые:***
 |  |  |
| * ***оксимоноаминомонокарбоновые:***
 |  |  |
| * ***серосодержащие:***
 |  |  |
| **Ароматические:**  |  |  |
| **Гетероциклические:** |  |  |
| **Иминокислота:** |  |  |

4. Перечислите химические свойства аминокислот. Какой характер среды формируется в водных растворах аминокислот: а) аспарагиновая кислота, б) лизин, в) валин.

5. Напишите реакцию образования трипептидов: а) глицилаланилцистеин, б) серилглицилфенилаланин, в) цистеилаланилсерин.