

1. ТЕОРИЯ ХИМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

1.1. Возникновение теории химического строения органических соединений. Основные положения теории, её значение

В первой половине XIX в. основная задача органической химии состояла в изучении состава и свойств природных соединений, в разработке способов рационального использования их для практических нужд. Постепенно накапливался опыт химических и биохимических превращений. Научились получать этиловый спирт C_2H_5OH и уксусную кислоту CH_3COOH из сахара. Были сделаны первые шаги в области синтеза: галогенирование углеводов, спиртов (Ж.- Б. Дюма), получение ацетона (Р. Пириа).

Однако дальнейшее развитие органической химии стало замедляться из-за отставания в ней теоретических представлений. Так, учёные того времени не могли объяснить, почему органических веществ значительно больше, чем неорганических; почему при одинаковом качественном, но разном количественном составе свойства веществ одинаковые. Как объяснить, что вещества, имеющие один и тот же состав, обладают различными свойствами? И. Я. Берцелиус назвал такие вещества изомерами. Причина изомерии также требовала научного объяснения.

Неясен был вопрос о валентности углерода. Так, в метане CH_4 углерод четырёхвалентен, в этане C_2H_6 он должен быть трёхвалентным, а в пропане C_3H_8 иметь даже дробную валентность. Какова же валентность углерода в органических соединениях?

Существовавшие в то время теории не могли объяснить опытный материал и наблюдения. Отсутствие объединяющей научной теории тормозило развитие органической химии. Из этого теоретического тупика её вывела **теория химического строения органических соединений**, созданная великим русским учёным А. М. Бутлеровым (1861 г.). Эта теория заложила научные основы органической химии и объяснила её важнейшие закономерности.

Основные положения теории А. М. Бутлерова о строении органических соединений заключаются в следующем:

1. В молекулах атомы соединены друг с другом в определённой последовательности в соответствии с их валентностью. Углерод в органических соединениях четырёхвалентен.
2. Свойства вещества зависят не только от того, какие атомы и в каком количестве входят в состав его молекулы, но и от того, в каком порядке они соединены между собой, т. е. от химического строения молекулы.
3. Атомы или группы атомов, образовавшие молекулу, взаимно влияют друг на друга, отчего зависят активность и реакционная способность молекулы.
4. Изомерия объясняется различным химическим строением молекул одинакового состава.

5. Атомы углерода могут соединяться не только с атомами других элементов, но и между собой, образуя цепи атомов - прямые, разветвлённые и кольцевые.

До А. М. Бутлерова считалось невозможным познать строение молекул. Многие учёные даже отрицали реальность атомов и молекул. А. М. Бутлеров опроверг эти представления. Он показал, что строение молекулы можно установить опытным путём, изучая химические превращения вещества. И наоборот, зная строение молекулы, можно вывести химические свойства соединения.

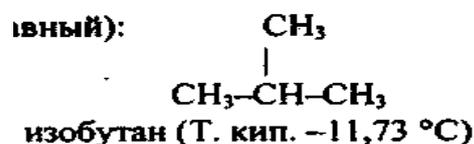
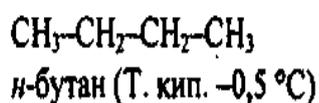
В отличие от ранее существовавших теорий теория А. М. Бутлерова позволяла классифицировать весь накопившийся и новый экспериментальный материал, предсказывала возможное число органических соединений определённого состава и пути их синтеза, допускала проверку, поэтому стала общей теорией органической химии как науки.

Теория была подтверждена тем, что А. М. Бутлеров и его ученики, а затем и другие химики получили все предсказанные ею изомеры простейших органических соединений. Так, например, были синтезированы предсказанные теорией изобутан, изобутилен, третичные спирты. В 70-х годах XIX в. теория строения дополнилась теорией пространственного расположения атомов в молекулах - стереохимической теорией (Я. Г. Вант-Гофф, Ж. Ле Бель).

Создание теории химического строения способствовало бурному развитию органической химии и химической промышленности.

1.2. Изомерия

Изучая строение углеводородов, А. М. Бутлеров пришёл к выводу, что эти вещества, начиная с бутана, могут иметь различный порядок соединения атомов при одинаковом составе. Бутлеров сам синтезировал бутан другого строения, новое вещество получило название «изобутан» (греч. «изос» - равный):

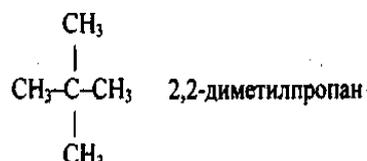
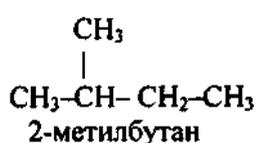
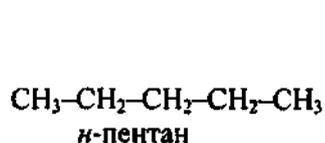


Вещества, имеющие одинаковый состав молекул, но различное строение и обладающие, поэтому различными свойствами, называются **изомерами**.

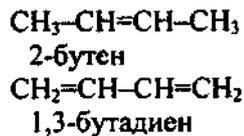
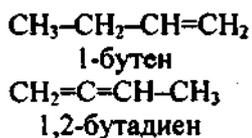
Существует несколько видов изомерии. Рассмотрим некоторые из них.

1. Изомерия цепи (углеродного скелета) - структурная изомерия.

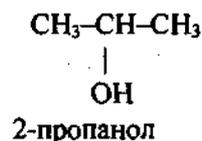
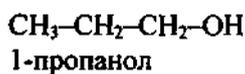
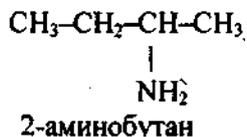
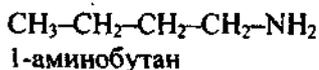
Этот вид изомерии отражает последовательность соединения атомов в молекуле. Так, у пентана возможны следующие изомеры:



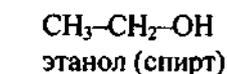
2. Изомерия положения кратных связей (двойной, тройной, нескольких двойных, тройных). Например:



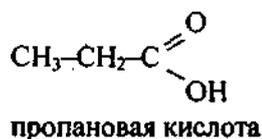
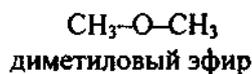
3. Изомерия положения функциональных групп. Например:



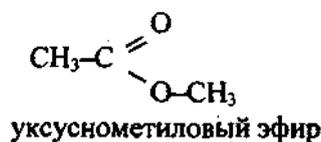
4. Изомерия функциональных групп (отражает строение соединений, отличающихся функциональными группами). Например:



и

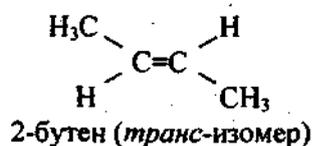
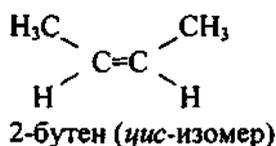


и



5. **Пространственная изомерия** (стереоизомерия) означает различное пространственное расположение атомов в молекулах одного и того же состава и химического строения.

Так, если одинаковые группы (заместители) расположены по одну сторону двойной связи, то изомер называют *цис*-изомером, а если по разные, то *транс*-изомером:



Открытие явления изомерии углубило представление о веществе, объяснило накопленные в химии факты, не находившие объяснения до создания теории строения, позволило предсказывать существование новых веществ и находить пути их синтеза.

1.3. Электронная природа химических связей в органических соединениях

В органических молекулах между атомами существуют ковалентные связи с незначительной полярностью. Как и во многих неорганических соединениях, эти связи образуются в результате перекрывания s-s, s-p, p-p электронных облаков.

Могут образовываться σ - и π -связи. Вследствие смещения электронной плотности к атому с большей электроотрицательностью атомы в молекулах органических соединений приобретают частичные заряды. Частичные заряды принято изображать буквами δ^+ и δ^- . В электронных формулах органических веществ (как и в неорганических) смещение электронной плотности указывается смещением общих связывающих электронных пар, а иногда стрелкой \rightarrow .

Для органических соединений характерно явление гибридизации. При протекании химических реакций происходит перегруппировка атомов или групп атомов. В результате этого разрываются одни связи и образуются другие.

Если общая электронная пара делится между атомами, то образуются радикалы - частицы, имеющие неспаренные электроны. Такой разрыв связи называется **радикальным** или **гемолитическим**:

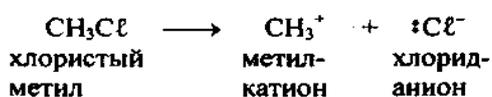


Образующиеся радикалы взаимодействуют друг с другом или с имеющимися в реакционной системе молекулами:



По радикальному механизму протекают реакции, в которых разрыву подвергаются связи малой полярности (C-C, C-H, N-N) при высокой температуре, под действием света, радиации.

Если при разрыве связи общая электронная пара остаётся у одного атома, то образуются **ионы** - катион и анион. Такой механизм называется **ионным** или **гетеролитическим**:



Органические ионы вступают в дальнейшие превращения. Ионный механизм обычно наблюдается при разрыве полярной ковалентной связи (C-Cl, C-I, C-O и др.).

2. УГЛЕВОДОРОД

Углеводороды - это соединения, молекулы которых состоят из атомов углерода и водорода и отвечают общей формуле C_nH_m .

Углеводороды можно подразделить на *ациклические* и *циклические*. К первым относятся **предельные** - алканы (парафины), **непредельные** - алкены, алкины, алкадиены (диеновые); ко вторым - *циклоалканы* и *ароматические* углеводороды.

2.1. Предельные углеводороды, их строение и свойства. Применение углеводородов

Предельными углеводородами, или алканами, называются соединения, состав которых выражается общей формулой C_nH_{2n+2} , где n - число атомов углерода. В молекулах алканов атомы углерода связаны между собой простой (одинарной) связью, а все остальные валентности насыщены атомами водорода. Их называют ещё **насыщенными углеводородами, или парафинами.**

Простейший представитель алканов - метан CH_4 .

Электронная формула

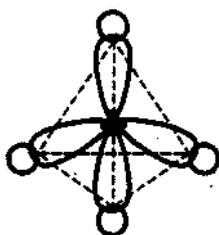
$$\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{H}:\text{C}:\text{H} \\ | \\ \text{H} \end{array}$$

структурная

$$\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ | \\ \text{H} \end{array}$$

Рассмотрим подробно строение молекулы метана.

В органических соединениях углерод в основном находится в возбуждённом состоянии ($2s^12s^2$) и имеет, следовательно, четыре неспаренных электрона. В молекуле метана 4 валентных электрона атома углерода образуют связи с четырьмя электронами атомов водорода. Молекула метана представляет собой тетраэдр, в центре которого находится атом углерода, атомы водорода располагаются в вершинах:



Все связи C-H в молекуле метана равноценны, что объясняется гибридизацией валентных электронных орбиталей атома углерода. При образовании молекулы метана облака всех валентных электронов атома углерода (одного s - и трёх p -электронов) выравниваются, становятся одинаковыми и принимают форму несимметричных, вытянутых в направлении к вершинам тетраэдра объёмных восьмерок. Угол между осями гибридных электронных облаков равен $109^\circ 28'$.

Будучи вытянутыми к вершинам тетраэдра, такие облака могут значительно перекрываться с электронными облаками водородных атомов. Данный вид гибридизации называется sp^3 -гибридизацией.

Электронное и пространственное строение других алканов сходно со строением молекулы метана. Таким образом, для предельных углеводородов характерно тетраэдрическое строение, sp^3 -гибридизация, валентный угол $109^\circ 28'$ длина связи C-C 0,154 нм ($1\text{ нм}=10^{-9}\text{ м}$).

Метан - простейший представитель предельных углеводородов, которые образуют гомологический ряд. Вещества, сходные по химическим свойствам, состав которых

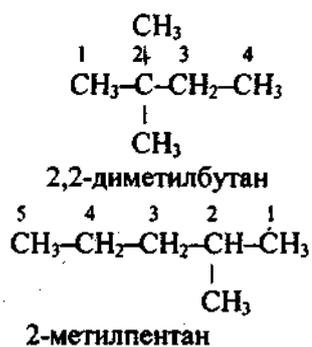
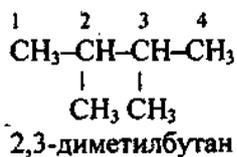
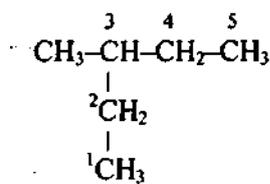
отличается друг от друга на группу атомов CH_2 , называются *гомологами*. Группа CH_2 называется *гомологической разностью*. Первые четыре вещества этого ряда имеют исторически сложившиеся названия (метан CH_4 , этан C_2H_6 , пропан C_3H_8 , бутан C_4H_{10}). Начиная с пентана C_5H_{12} , названия алканов образованы преимущественно от греческих названий чисел (гексан, гептан и т. д.).

Первые четыре вещества ($\text{C}_1 - \text{C}_4$) при обычных условиях - газы; следующие одиннадцать углеводородов ($\text{C}_5 - \text{C}_{15}$) - жидкости; начиная с углеводорода $\text{C}_{16}\text{H}_{34}$ - твёрдые вещества. С увеличением относительной молекулярной массы температуры кипения и плавления углеводородов возрастают. Все алканы нерастворимы в воде, но могут растворяться в органических растворителях.

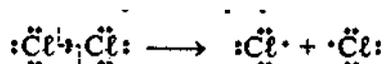
Начиная с бутана, алканы имеют изомеры. Для того чтобы составить название углеводорода с разветвлённой цепью, его рассматривают как продукт замещения атомов водорода в нормальном углеводороде углеводородными радикалами (название радикалов образуются от названий соответствующих углеводородов путём замены суффикса *-ан* на *-ил*; метил CH_3 -, этил C_2H_5 - и т. д.). Порядок действий таков:

- 1) выделяют наиболее длинную углеродную цепь и нумеруют её с того конца, к которому ближе разветвление;
- 2) в названии вещества цифрой указывают, при каком атоме углерода находится замещающая группа (радикал);
- 3) если замещающих групп несколько, цифрами отмечают каждую из них;
- 4) полное название данному углеводороду дают по числу атомов углерода в нумерованной цепи.

Примеры изомеров *n*-гексана:

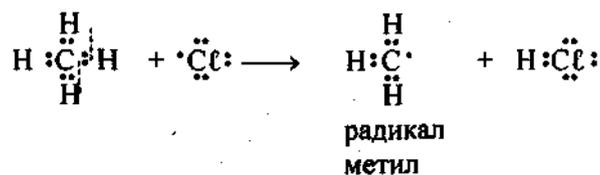


Химические свойства. Для метана и его гомологов характерны реакции замещения. На свету при обычной температуре галогены - хлор и бром - постепенно (по стадиям) вытесняют из них водород, образуя галогенопроизводные. Реакция протекает по цепному свободно радикальному механизму (Н. Н. Семёнов). Под действием света молекулы хлора распадаются на атомы:



Образующиеся свободные радикалы химически очень активны. При их столкновении с молекулой метана происходит реакция, в результате которой

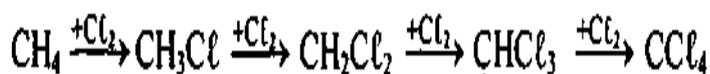
образуется HCl и свободный радикал CH₃.



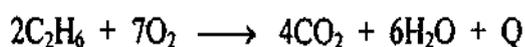
Радикал метил реагирует с молекулой хлора Cl₂, образуя галогенопроизводное и радикал хлора:



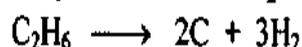
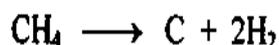
Радикал хлора снова продолжает цепь превращений, что схематично можно выразить следующей схемой:



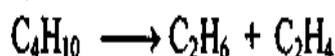
Все предельные углеводороды горят, например:



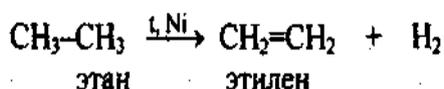
При $t \geq 1000$ °C алканы распадаются на углерод и водород. Этот процесс служит для получения водорода и газовой сажи:



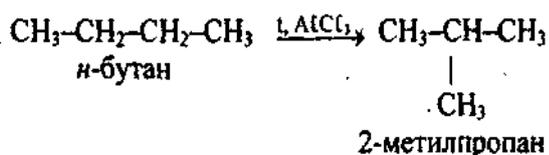
В присутствии катализаторов при высоких температурах происходит крекинг (разрыв связи C-C) углеводородов:



Дегидрированием алканов (отщепление атомов водорода) получают непредельные углеводороды (алкены, алкины, диеновые):



В присутствии катализаторов при нагревании углеводороды нормального строения изомеризуются и превращаются в углеводороды разветвлённого строения:



При обычной температуре алканы устойчивы к кислотам, щелочам и многим окислителям. Однако при высоких температурах под действием кислорода воздуха, KMnO₄, K₂CrO₄ или K₂Cr₂O₇ алканы окисляются до различных кислородсодержащих соединений (спиртов, альдегидов, кислот и др.).

Обладая большой теплотворной способностью, алканы (в основном C₁ - C₄) используются в качестве топлива (в быту и в промышленности). Жидкие

углеводороды используются в качестве растворителей и как горючее (они входят в состав бензина и керосина). Высшие жидкие и твёрдые алканы используются как топливо, смазочный материал в виде твёрдого парафина. Алканы широко используются в органическом синтезе.

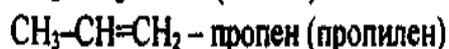
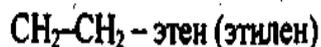
2.2. Непредельные углеводороды

Непредельными называются углеводороды, в молекулах которых имеются атомы углерода, связанные между собой двойными или тройными связями. Их также называют ненасыщенными углеводородами, так как их молекулы содержат меньше атомов водорода, чем насыщенные.

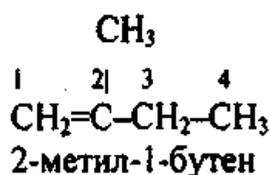
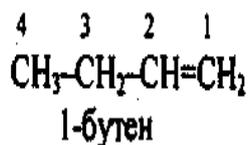
2.2.1. Этиленовые углеводороды (алкены). Их строение и свойства.

Получение и применение

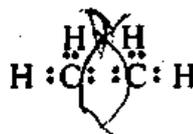
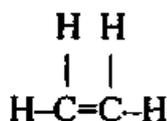
К этиленовым углеводородам (алкенам) относятся непредельные углеводороды состава C_nH_{2n} , содержащие одну двойную связь в молекуле. Простейший представитель алкенов - этилен C_2H_4 . Названия гомологов производятся путём замены суффикса -ан соответствующего предельного углеводорода на **-ен** или **-илен**:



Для алкенов характерна не только изомерия углеродного скелета, но и изомерия положения двойной связи в молекуле. Атомы углерода нумеруют с того конца, к которому ближе расположена двойная связь. Положение двойной связи обозначают в начале названия номером того углеродного атома, от которого она начинается:



Рассмотрим строение этиленовых углеводородов на примере этилена. В молекуле этилена гибридизации подвергаются одно s- и два p-электронных облака атомов углеродам (sp^2 - гибридизация).



Три гибридных электронных облака каждого атома углерода образуют простые (одинарные) σ -связи: C-C и C-H. Четвёртые электронные облака негибридизованы и при боковом перекрытии образуют p-связь (рис. 14).

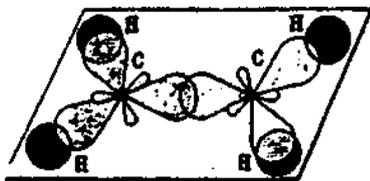


Рис. 13 Образование σ -связи в молекуле этилена

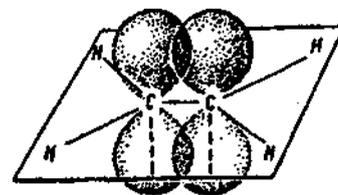


Рис. 14 Образование π -связи в молекуле этилена

Следовательно, в молекулах алкенов между атомами углерода устанавливается **двойная** связь, состоящая из одной σ - и одной π -связи. Длина связи $C=C$ при этом становится равной 0,134 нм. Молекула имеет плоскостное строение, валентный угол равен 120° .

По своей природе π -связь менее прочная, чем σ -связь; она легко разрывается под воздействием реагентов.

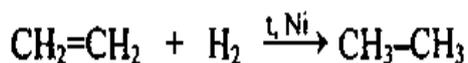
Отсутствие свободного вращения атомов углерода, связанных двойной связью, приводит к появлению у алкенов.

Свойства. *Этилен* - бесцветный газ, почти без запаха, малорастворим в воде. **Пропилен и бутилен** также газообразны, *алкены* $C_5H_{10} - C_{18}H_{36}$ - жидкости, начиная с $C_{19}H_{38}$ - твёрдые вещества.

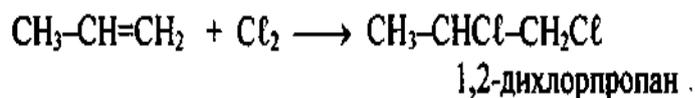
По химическим свойствам этиленовые углеводороды резко отличаются от предельных углеводородов. Реакции в алкенах протекают по месту двойной связи $>C=C<$, чаще всего это реакции присоединения. Большое значение имеют реакции окисления и полимеризации.

1) Реакции присоединения:

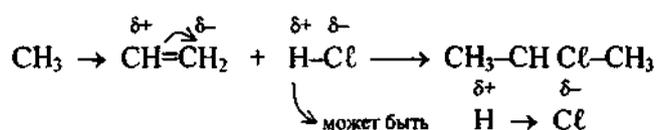
а) водорода (гидрирование):



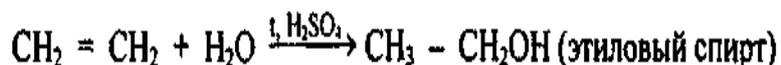
б) галогенов:



в) галогеноводородов. Осуществляется согласно правилу В.В.Марковникова: галоген присоединяется к наименее, а водород - к наиболее гидрированному атому углерода:

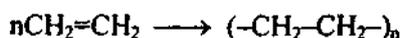


г) воды (гидратация). Суммарное уравнение:



2) Горение:





Продукт реакции полимеризации называется **полимером** (с греч. поли - много, мерос - часть), а исходное вещество, вступающее в реакцию полимеризации, называется **мономером**.

Полимер - соединение с очень высокой молекулярной массой молекула которого состоит из большого числа повторяющихся группировок, имеющих одинаковое строение. Эти группировка называют **элементарными звеньями**, или структурными единицами. Например, элементарным звеном полиэтилена является группировка атомов $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$. Число элементарных звеньев макромолекуле называется степенью полимеризации (обозначаю буквой n).

По своей геометрической форме полимеры бывают: *линейными* (полиэтилен, полипропилен, целлюлоза), *разветвлёнными* (крахмал), *пространственными* (резина, эбонит). По происхождению полимеры делятся на природные (целлюлоза, белки, природные каучуки) и синтетические (пластмассы, синтетические волокна).

Полимеры - твёрдые вещества, не имеющие определённой температуры плавления и разлагающиеся при высоких температурах. Важными свойствами полимеров являются высокая механическая прочность, химическая стойкость, малая плотность, плохая растворимость, что обуславливает их широкое применение.

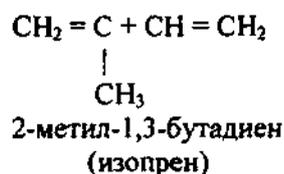
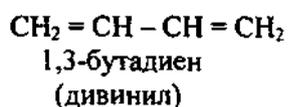
Полиэтилен $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$ - был впервые получен в 1933 году В промышленности полиэтилен получают двух видов: при низких давлениях - полиэтилен высокой плотности, при высоких давлениях - полиэтилен низкой плотности. Первый - прочнее и твёрже, второй - более эластичен и морозостоек.

Полиэтилен широко используется в промышленности; для изготовления плёнок, волокон и нитей, предметов быта, а также для покрытий, предохраняющих металлы от коррозии, для изоляции электропроводов и кабелей, для хранения и перевозки химически агрессивных жидкостей.

2.2.2. Понятие о диеновых углеводородах

К диеновым углеводородам относятся органические соединения с общей формулой $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ в молекулах которых имеется две двойные связи. Названия диеновых углеводородов производят от предельных углеводородов, заменяя последнюю букву окончанием -диен. Цифрами указывается место расположения двойных связей в цепи.

Общее международное название диеновых углеводородов - алкадиены. Большое практическое значение имеют алкадиены, в молекулах которых двойные связи разделены простой связью, это -1,3-бутадиен, или дивинил (легко сжижающийся газ) и 2-метил -1,3-бутадиен, или изопрен (летучая жидкость с $t_{\text{кип}} = 34,1^\circ\text{C}$):



По химическим свойствам алкадиены аналогичны алкенам. Присоединение галогенов или галогеноводородов происходит обычно по концам молекулы, с разрывом двойных связей. Образующиеся при этом свободные валентности образуют двойную связь уже в другом месте:

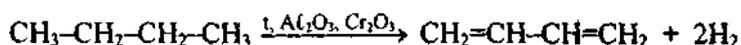


При избытке брома по месту двойной связи может быть присоединена ещё одна молекула Br_2 .

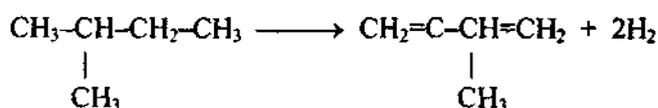
Бутадиен получают из этилового спирта в присутствии катализатора (способ С. В. Лебедева):



Наиболее перспективным способом получения бутадиена является дегидрирование бутана, содержащегося в нефтяных газах:



Изопрен получают каталитическим дегидрированием 2-метилбутана:



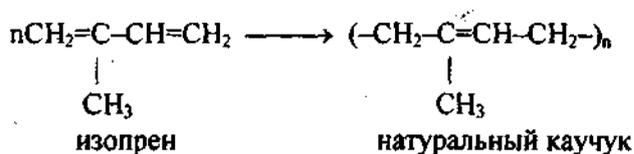
Бутадиен и изопрен являются исходными веществами для получения каучуков.

2.2.3.1. Природный и синтетический каучуки

Каучуки - это высокомолекулярные вещества, сохраняющие эластичность в широком интервале температур.

Натуральный (природный) каучук получают из сока каучуконосных растений: гевеи, кок-сагыза и др. Родина природного каучука - Бразилия.

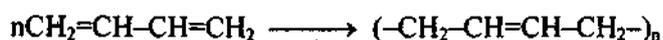
По химическому составу природный каучук представляет собой высокомолекулярный непредельный углеводород состава $(\text{C}_5\text{H}_8)_n$, где $n = 1000 - 3000$. Он является полимером изопрена:



Выяснилось, что натуральный каучук имеет стереорегулярное строение, т. е. металльные группы в нём расположены в строго определённом порядке.

Натуральным каучуком располагают немногие страны. Остальные вынуждены покупать его или заменять синтетическим. Наша страна была первой в мире, организовавшей крупное производство каучука. Всемирное признание получили работы С. В. Лебедева, И. Л. Кондакова, Б. В. Вызова и др.

Синтетический бутадиеновый каучук был впервые получен в 1932 году по методу С. В. Лебедева полимеризацией 1,3-бутадиена в присутствии металлического натрия:



Однако этот каучук уступал природному по эластичности и износостойкости, т. к. он не имел стереорегулярного строения.

В настоящее время получены различные стереорегулярные каучуки, в том числе *изопреновый* и *бутадиеновый*. Последний в отличие от бутадиенового каучука, не имеющего регулярного строения, называют *дивиниловым*. Эти каучуки по свойствам близки к натуральному, а дивиниловый по стойкости к истиранию даже превосходит его, что делает его особенно ценным для изготовления протекторов (наружной части) шин, которые быстро изнашиваются.

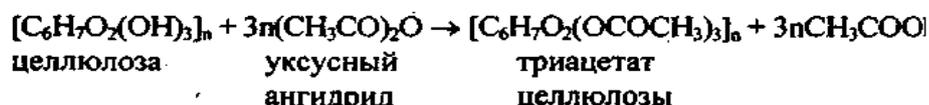
Из каучуков изготавливаются покрышки и камеры для колёс автомобилей, самолётов, велосипедов. Они применяются для электроизоляции, производства промышленных товаров и медицинских приборов.

Для улучшения качества натуральных и синтетических каучуков их подвергают вулканизации - нагреванию с серой и наполнителями (сажа и др.). Так получают резину. Резина прочнее каучука и более устойчива к изменению температуры.

2.2.3.2. Понятие об искусственных волокнах

Все текстильные волокна, применяемые для производства различных видов пряжи, подразделяют на природные (шерсть, хлопок, лён) и химические. **Химическими** называют все волокна, производимые искусственным путём. Их подразделяют на **искусственные**, получаемые при химической обработке природных веществ (вискозное, ацетатное), и **синтетические** - изготавливаемые из специально синтезируемых химических материалов (нитрон, лавсан, капрон).

В качестве исходного природного полимера для получения искусственных волокон берут целлюлозу, выделенную из древесины, или хлопковый пух. Целлюлозу обрабатывают уксусным ангидридом в присутствии серной кислоты:



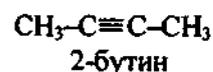
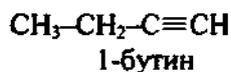
Из триацетата целлюлозы получают ацетатный шёлк. Для этого триацетат целлюлозы растворяют в смеси дихлорметана CH_2Cl_2 этилового спирта. Образующийся вязкий раствор, продавливая через фильтры - металлические колпачки с отверстиями. Тонкие струи раствора опускаются в вертикальную шахту, через которую проходит нагретый воздух. Растворитель при этом испаряется, триацетат целлюлозы образует тонкие длинные волокна, которые скручиваются затем в нити и идут на дальнейшую переработку.

Ацетатное волокно отличается мягкостью, обладает приятным блеском. По сравнению с искусственным вискозным волокном ацетатное волокно лучше сохраняет теплоту, меньше садится при стирке, меньше теряет прочность во влажном состоянии. Всё это делает его ценным текстильным материалом. Однако по гигиеническим свойствам ацетатное волокно уступает хлопковому: он менее гигроскопично, хуже впитывает влагу.

2. 3. Ацетилен, его строение, свойства. Получение и применение

ацетилен

К углеводородам ряда ацетилен (алкинам) относятся непредельные углеводороды состава C_nH_{2n-2} , содержащие одну тройную связь в молекуле. Простейший представитель алкинов - ацетилен C_2H_2 , или *этин*. Названия гомологов производятся путём замены суффикса -ан соответствующего предельного углеводорода на -ин;



Рассмотрим строение алкинов на примере ацетилен. В молекуле ацетилен атомы углерода соединены между собой одной σ -связью и двумя π -связями.



В гибридизации здесь участвуют только два электронных облака - одного s -электрона и одного p -электрона. Это случай sp -гибридизации. Два гибридных электронных облака каждого атома углерода образуют простые σ -связи: C-C и C-H. Четыре негибридных p -электронных облака (от каждого атома углерода по два) размещены взаимно перпендикулярно и перпендикулярно направлениям σ -связей. В этих плоскостях p -электронные облака взаимно перекрываются, образуя две π -связи (рис. 15). Эти связи относительно непрочные и в химических реакциях разрываются. Благодаря установлению тройной связи атомы углерода ещё больше сближаются, расстояние между их центрами 0,120 нм. Молекула ацетилен имеет линейное строение, валентный угол равен 180° .

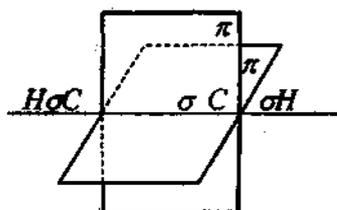
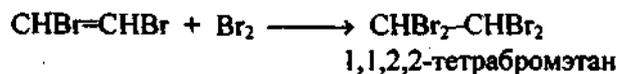
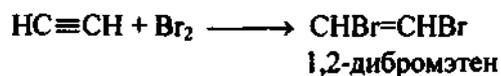


Рис. 15. Строение молекулы ацетилен

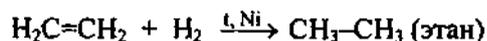
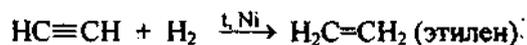
Свойства. Ацетилен - бесцветный газ, почти без запаха, малорастворим в воде.

Для ацетилен и его гомологов характерны реакции присоединения, окисления и полимеризации (аналогично алкенам).

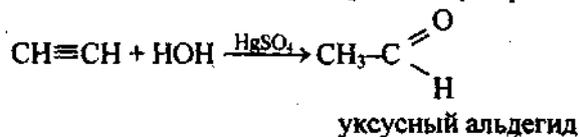
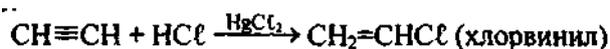
1) **Реакции присоединения.** Ацетилен взаимодействует с бромом (бромная вода обесцвечивается). Присоединение брома происходит в две стадии:



В присутствии катализатора (Pt, Ni) к ацетилену может присоединяться водород:

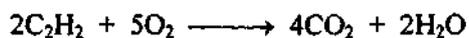


Ацетилен реагирует также со сложными веществами, например:



2) **Реакции окисления.** Ацетилен, как и этилен, легко окисляется, например перманганатом калия (раствор KMnO_4 обесцвечивается).

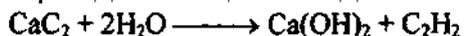
На воздухе ацетилен горит коптящим пламенем. Если вместо воздуха применять кислород, ацетилен сгорает полностью, без и копоти:



Температура пламени при этом достигает 3500°C , поэтому ацетилен применяют для сварки и резки металлов.

3) **Реакции полимеризации.** Ацетилен может полимеризоваться в бензол (§ 15. 3) и вилацетилен.

В промышленности и в лаборатории ацетилен получают при взаимодействии карбида кальция с водой:



В больших количествах его получают из метана:



Трудность заключается в том, чтобы не дать ацетилену возможности разложиться на углерод и водород. Этого можно достичь, если образующийся ацетилен быстро удалить из зоны высокой температуры и охладить. В промышленности это осуществляется с помощью различных устройств.

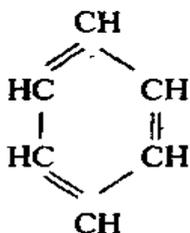
Всё большее применение ацетилен находит в органическом синтезе. Из него получают уксусную кислоту, синтетический каучук, поливинилхлорид и другие полимеры, растворители (1,1,2,2-тетрахлорэтан и 1,2,2-трихлорэтан).

2.4. Ароматические углеводороды (арены). Бензол.

Понятие о взаимном влиянии атомов

К ароматическим углеводородам (аренам) относятся соединения углерода с водородом, в молекулах которых имеется бензольное кольцо, или ядро.

Простейший представитель - бензол C_6H_6 . Формула бензола, отражающая строение его молекулы, была впервые предложена немецким химиком А. Кекуле (1865):



Однако это изображение не передаёт истинного строения молекулы. В цикле молекулы бензола нет трёх двойных связей, связи С-С в бензоле равноценны.

Каждый атом углерода находится в состоянии sp^2 -гибридизации, три гибридные sp^2 -орбитали каждого из шести атомов углерода образуют по три π -связи: одну σ -связь С-Н, и по две σ -связи С-С. Все σ -связи находятся в одной плоскости (рис. 16), углы между этими тремя связями равны 120° . Негибридные s -электронные облака атомов углерода расположены перпендикулярно плоскости направления π -связей и перекрываются над и под плоскостью кольца (рис. 17). В результате образуется единая p -электронная система из шести электронов, общая для всех атомов углерода. Под влиянием этого общего электронного облака длина углерод-углеродной связи сокращается с $0,154$ нм до $0,140$ нм.

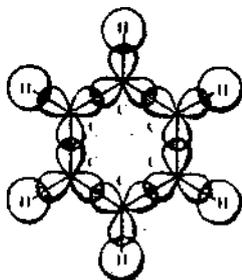


рис. 16 Схема образования σ -связей в молекуле бензола

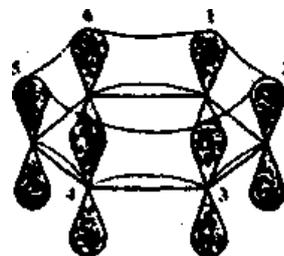


рис.17 Схема образования π -связей в молекуле бензола

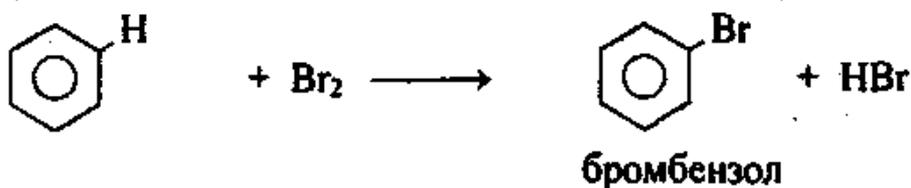
Чтобы показать равномерность распределения электронной плотности в молекуле бензола, структурную формулу изображают так:



Однако часто пользуются и формулой Кекуле.

Свойства. Бензол - бесцветная, нерастворимая в воде жидкость со своеобразным запахом ($t_{\text{кип}} = 80,1^\circ\text{C}$, $T_{\text{пл.}} = 5,5^\circ\text{C}$).

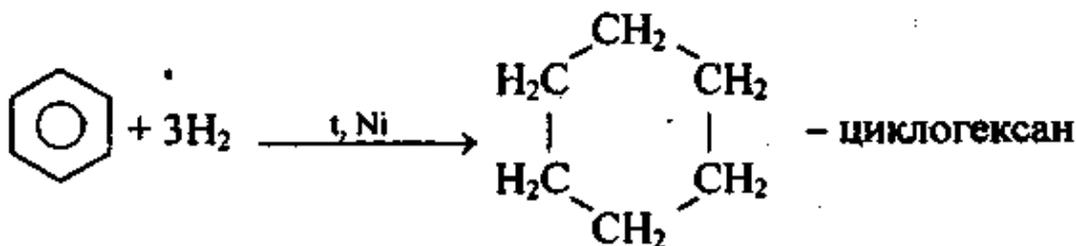
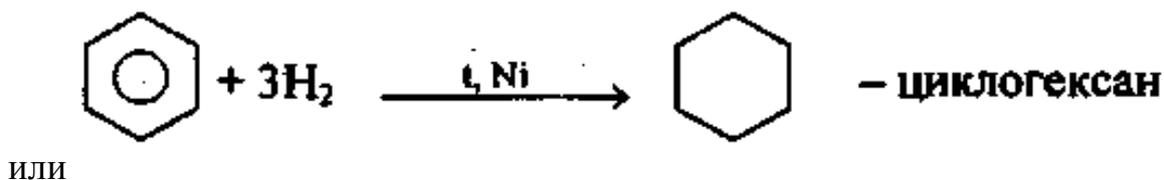
По химическим свойствам бензол и его гомологи отличаются от предельных и непредельных углеводородов. Наиболее характерны для них **реакции замещения атомов водорода бензольного ядра**, причём эти реакции протекают легче, чем у предельных углеводородов. Так, при взаимодействии бензола с бромом в присутствии катализатора FeBr_3 атом водорода замещается атомом брома:



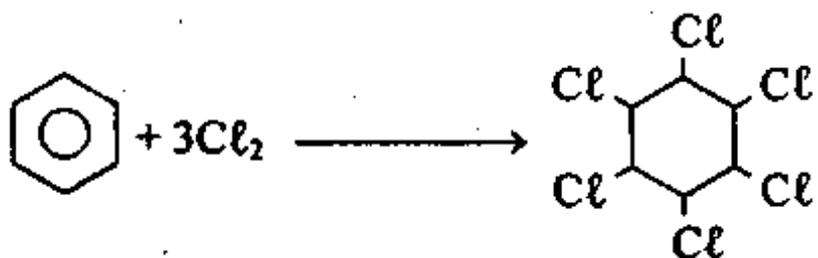
Возможно замещение всех атомов водорода. Характерна для бензола реакция с азотной кислотой:



Реакции присоединения к бензолу протекают с большим трудом. Так, в присутствии катализатора (Ni, Pt) бензол гидрируется, т. е. присоединяет водород:



При ультрафиолетовом облучении бензол присоединяет хлор:

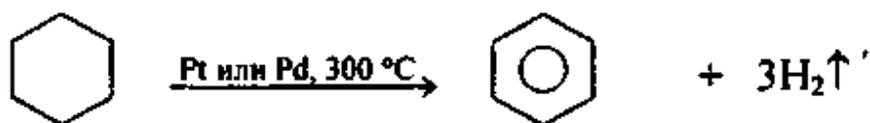


Образующееся вещество - гексахлорциклогексан (гексахлоран) - применяется как средство для уничтожения насекомых.

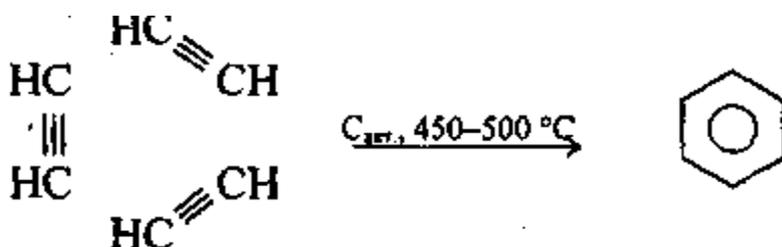
Таким образом, ароматические углеводороды могут вступать как в реакции замещения, так и в реакции присоединения, однако условия этих превращений значительно отличаются от аналогичных превращений предельных и непредельных углеводородов.

Бензол не присоединяет галогеноводороды и воду. Он очень устойчив к окислителям. В отличие от непредельных углеводородов он не обесцвечивает бромную воду и раствор KMnO_4 .

Бензол в больших количествах получают из нефти и каменноугольной смолы. Н. Д. Зелинский доказал, что бензол образуется из циклогексана, выделяемого из некоторых сортов нефти:



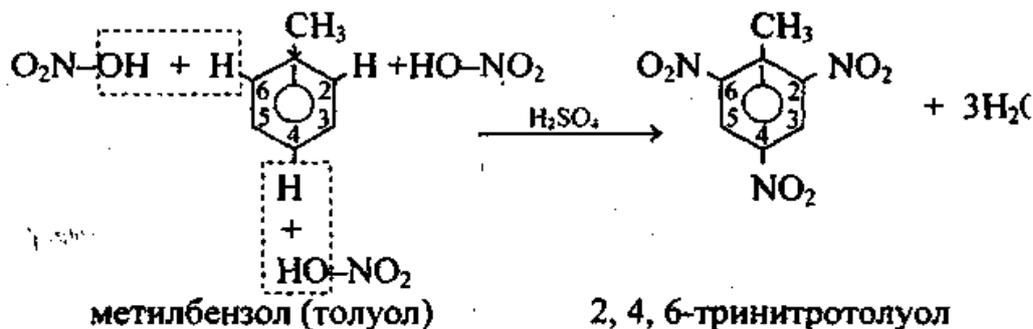
При этих же условиях n-гексан превращается в бензол. При пропускании ацетилена C_2H_2 над активированным углём при $450\text{--}500\text{ }^\circ\text{C}$ также получается бензол:



Бензол - ценный растворитель и важное сырьё для получения многих соединений - фенола, анилина, стирола, красителей, лекарственных препаратов, пластмасс, ядохимикатов, используется как добавка к моторному топливу.

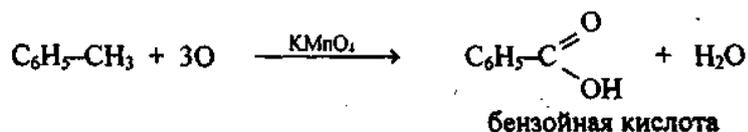
Взаимное влияние атомов в молекуле рассмотрим на примере толуола $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}_3$. Это гомолог бензола, его химические свойства сходны с бензолом, однако, толуол имеет некоторые особенности.

Так, толуол нитруется гораздо легче, чем бензол:



Большая реакционная способность бензольного ядра в положениях 2, 4, 6 объясняется влиянием на него радикала $-\text{CH}_3$. Метильная группа смещает электронную плотность в сторону бензольного ядра, в результате чего нарушается равномерное распределение в нём р-электронного облака. В положениях 2, 4, 6 электронная плотность возрастает и атомы водорода легче подвергаются замещению.

Влияние атомов в молекулах взаимно. Бензольное ядро, в свою очередь, также влияет на метильную группу, обуславливая меньшую устойчивость её к действию окислителей. Бензол, как мы знаем, очень стоек к окислению. Тoluол легко окисляется, например, перманганатом калия. Окислению подвергается метальная группа, при этом она превращается в карбоксильную $-\text{COOH}$. Раствор KMnO_4 обесцвечивается. Уравнение реакции:



2.5. Природные источники углеводородов: нефть, природный и попутные нефтяные газы, уголь

Природный и попутный нефтяной газы. Основным компонентом природного газа является метан. В нём содержатся также этан, пропан, бутан. Чем выше молекулярная масса углеводорода, тем обычно меньше его содержится в природном газе.

К природным газам относятся и так называемые попутные газы, которые обычно находятся над нефтью или растворены в ней под давлением. В попутном нефтяном газе меньше метана, но больше этана, пропана, бутана и высших углеводородов. Кроме того, в природных газах присутствуют примеси: благородные газы, N_2 , CO_2 , H_2S и др.

Природный газ широко используется как дешёвое топливо с высокой теплотворной способностью. Это один из лучших видов топлива для бытовых и промышленных нужд.

Природный газ - источник сырья для химической промышленности: получение ацетилена, этилена, водорода, сажи, различных пластмасс, уксусной кислоты, красителей и др.

Возможности использования попутного газа значительно шире. Для более рационального использования его разделяют на смеси более узкого состава, Смесь пентана, гексана и других жидких углеводородов образует так называемый **газовый бензин** (применяется как добавка к бензинам для лучшего воспламенения). Далее отделяется смесь **пропана с бутаном**, которая в сжиженном состоянии широко используется в качестве горючего в быту и в автомобильном транспорте. После выделения газового бензина и пропан-бутановой смеси остаётся **сухой газ**, состоящий в основном из метана и этана (используется для получения C_2H_2 , H_2 и др., а также в качестве топлива). Из попутного газа извлекают и индивидуальные углеводороды: C_2H_6 , C_3H_8 , C_4H_{10} и др. Из них дегидрированием получают непредельные углеводороды.

Нефть и её переработка. Нефть - маслянистая жидкость темного цвета с характерным запахом, в воде практически нерастворима.

Состав нефти зависит от месторождения. В основном она держит парафины, циклопарафины, ароматические углеводороды др. Примеси составляют 4-5 %, это сероводород, органические слоты, сероорганические соединения.

Для получения из нефти технически ценных продуктов её подвергают переработке. **Первичная переработка нефти** заключается в её перегонке, которая осуществляется на нефтеперерабатывающих заводах после отделения попутных газов. Продукты перегонки нефти имеют различное применение (таблица 1).

Таблица 1. Фракции перегонки нефти

Название фракции	Температура кипения, °С	Углеродный состав	Применение
Бензин	40–200	$C_2 - C_{12}$	Моторное топливо
Керосин	180–300	$C_{12} - C_{18}$	Топливо, в том числе дизельное.
Соляровое масло (мазут)	до 360	C_{16} и более	Смазочные материалы.
Газойль	270–300	$C_{15} - C_{20}$	Газообразное топливо, сырьё для получения водорода.
Парафин	320–500	$C_{26} - C_{38}$	Свечи, гуталин.
Асфальт (гудрон)	–	–	Дорожные покрытия, топливо

Вторичная переработка нефти. Крекинг - расщепление углеводородов нефти, сопровождающееся изменением структуры углеводородов.

Исходное сырьё - мазут. В зависимости от условий, при которых происходит вторичная переработка нефти, крекинг разделяют на термический и каталитический.

Термический крекинг проводят при 450-550°С и давлении 5-7 МПа. Процесс крекинга происходит с разрывом углеродных цепей и образованием более простых

предельных и непредельных углеводородов, например:



Таким способом получают главным образом автомобильный бензин. Выход его из нефти достигает 70 %.

Каталитический крекинг проводят в присутствии катализаторов при 450°C и атмосферном давлении. Этим способом получают авиационный бензин с выходом до 80%. Наряду с реакциями расщепления при каталитическом крекинге протекают реакции изомеризации. При этом образуются углеводороды разветвлённого строения, что улучшает качество бензина.

Путем переработки углеводородов нефти получают более 90% всех органических соединений. Среди них каучук, пластмассы, волокна, спирты, кислоты, синтетические моющие вещества, ядохимикаты.

Коксохимическое производство. Одним из основных способов получения углеводородов является коксование (пиролиз) каменного угля. При коксовании (нагревании до 1000—1200°C без доступа воздуха) получают кокс, каменноугольная смола, аммиачная вода и коксовый газ.

Кокс отправляют на металлургические заводы для доменных печей. Из каменноугольной смолы путём фракционирования получают гомологи бензола, фенол, нафталин и др. Коксовый газ после очистки применяется в качестве топлива в промышленных печах.

3. КИСЛОРОДСОДЕРЖАЩИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

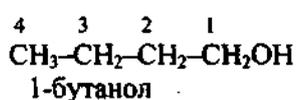
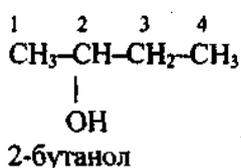
3.1. Строение и свойства одноатомных спиртов.

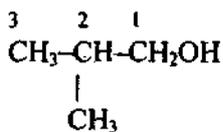
Промышленный синтез этанола и его применение.

Особенности глицерина

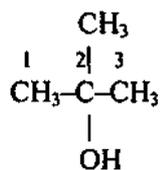
Спиртами называются производные углеводородов, в молекулах которых один или несколько атомов водорода замещены гидроксильными группами.

Общая формула предельных одноатомных спиртов $C_nH_{2n+1}OH$ или R-OH. Группа -OH - функциональная группа спиртов. Названия спиртов производятся от названий соответствующих углеводородов с добавлением суффикса -ол и указанием номера атома углерода, у которого расположена группа -OH:



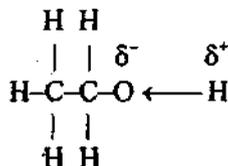
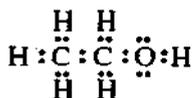


2-метил-1-пропанол

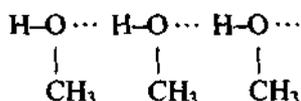


2-метил-2-пропанол

Все связи в молекулах спиртов ковалентные полярные (связь С-С - ковалентная неполярная), это σ -связи. Атом водорода гидроксильной группы очень подвижен вследствие смещения электронной плотности к атому кислорода как к более электроотрицательному элементу:



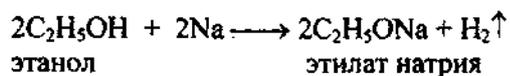
Свойства спиртов. Низшие спирты - жидкости со специфическим запахом, высшие (начиная с $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{OH}$) - твёрдые вещества без запаха. Все спирты - легче воды, низшие спирты хорошо растворяются в ней. Молекулы спиртов ассоциированы за счёт возникновения между ними водородных связей:



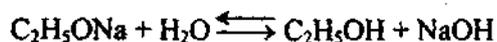
Этим объясняется то, что уже первые члены гомологически ряда спиртов - жидкости, которые имеют более высокие температуры кипения по сравнению с соответствующими углеводородами. Образованием водородных связей между молекулами спирта и воды объясняется их хорошая растворимость в воде. Уменьшение растворимости у последующих членов гомологического ряда вызывается увеличением числа атомов углерода в углеводородном радикале.

Химические свойства спиртов обусловлены наличием в их молекулах полярных ковалентных связей С-О и О-Н. Диссоциация спиртов на ионы $\text{R}-\text{O}-\text{H} \rightleftharpoons \text{RO}^- + \text{H}^+$ или $\text{R}-\text{O}-\text{H} \rightleftharpoons \text{R}^+ + \text{OH}^-$ происходит в незначительной степени, поэтому водные растворы спиртов на индикаторы не действуют.

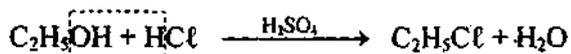
Атом водорода гидроксильной группы легко замещается металлом при взаимодействии спиртов с металлическим натрием или калием:



Этилат натрия в воде подвергается гидролизу:

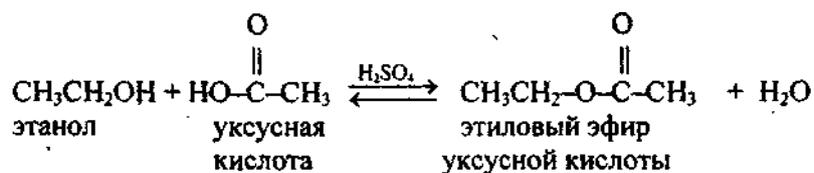


Равновесие сильно смещено вправо.

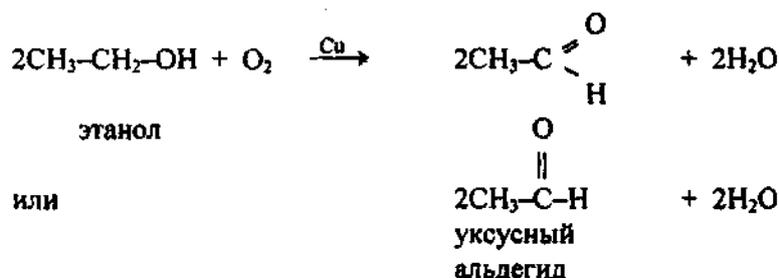


Функциональная группа спиртов может замещаться на галоген при взаимодействии с галогеноводородными кислотами:

Спирты реагируют с карбоновыми кислотами, образуя сложные эфиры:



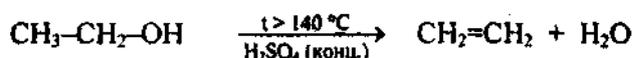
Спирты окисляются кислородом воздуха в присутствии медных и других катализаторов при температурах 300-500°C, образуя альдегиды:



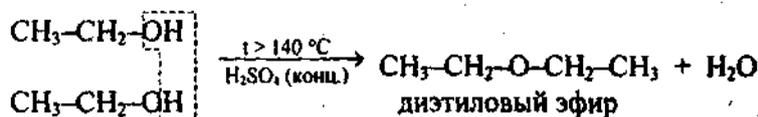
Как и большинство других органических соединений, спирты горят:



Горение можно представить как предельное окисление спиртов. В присутствии водоотнимающих средств и при $t > 140^\circ\text{C}$ от молекул спиртов отщепляется вода (реакция дегидратации) и образуются непредельные углеводороды:



При избытке спирта и более низкой температуре получают простые эфиры:



Получение и применение этанола. Этиловый спирт, или этанол - бесцветная жидкость со слабым алкогольным запахом. Кипит при $78,3^\circ\text{C}$, замерзает при -114°C .

Этиловый спирт получают брожением сахаристых веществ в присутствии дрожжей. Исходным материалом в производстве спирта служат крахмалсодержащие продукты: картофель, хлебны злаки и др. Значительное количество этанола получают из отхода древесины, которую сначала превращают в глюкозу и затем сбраживают в спирт.

На современном производстве этанол получают гидратацией этилена, получаемого при крекинге нефти:

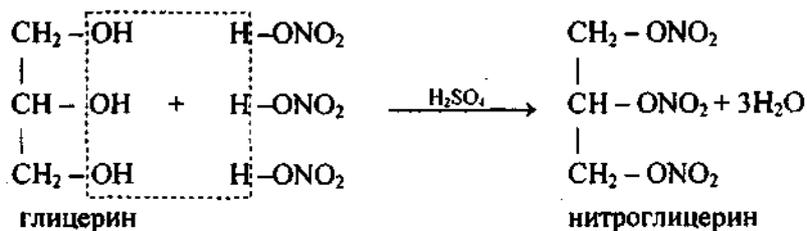


Реакция идёт при 260-300 °С, давлении 7-8 МПа в присутствии катализатора - ортофосфорной кислоты на твёрдом носителе.

Этанол широко применяют в разных отраслях народного хозяйства. В больших количествах он идёт на производство синтетического каучука, пищевой уксусной кислоты, диэтилового эфира, красителей. Как растворитель он используется при изготовлении одеколонов, духов, лекарств, лаков и др. Этанол в смеси с бензином может использоваться в качестве горючего для двигателей внутреннего сгорания. Этиловый спирт - наркотическое вещество. Очень часто его денатурируют (добавляют другие вещества и красители), чтобы сделать его непригодным для употребления внутрь.

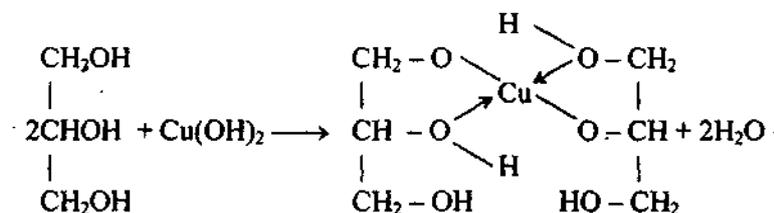
Глицерин - это трёхатомный спирт. Представляет собой бесцветную, вязкую жидкость сладкого вкуса. Смешивается с водой во всех соотношениях. Хорошо растворяет многие вещества.

По химическим свойствам глицерин сходен с одноатомными спиртами, только в отличие от них может давать моно-, ди- и три- производные, в зависимости от того, сколько групп -ОН замещается. Важным свойством глицерина является взаимодействие его с азотной кислотой с образованием нитроглицерина (название вещества историческое):



С карбоновыми кислотами глицерин, образует сложные эфиры - жиры и масла.

Для многоатомных спиртов характерны и некоторые специфические химические свойства. Так, если к свежеприготовленному гидроксиду меди (II) в присутствии щёлочи прилить глицерин смесь встряхнуть, то осадок растворится и образуется раствор ярко-синего цвета - *глицерат меди*:



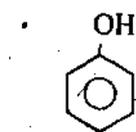
Это качественная реакция на многоатомные спирты.

Глицерин применяют для получения нитроглицерина (взрывчатое вещество),

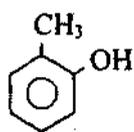
приготовления антифризов, в парфюмерии и в медицине (для изготовления мазей, смягчающих кожу), в кожевенной и текстильной промышленности. 1 %-й спиртовой раствор нитроглицерина используется как лекарство при сердечных заболеваниях (расширяет кровеносные сосуды).

3.2. Фенол, его строение, свойства, применение. Взаимное влияние атомов в молекуле

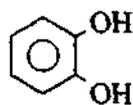
Фенолы - это органические соединения, в молекулах которых гидроксильные группы связаны с бензольным ядром. Они являются производными ароматических углеводородов, например:



фенол



метилфенол
(о-крезол)

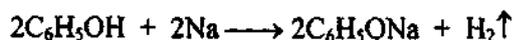


пирокатехин

Простейший из фенолов называется фенолом C_6H_5OH , или карболовой кислотой.

Фенол - бесцветное кристаллическое вещество с характерным запахом. Вследствие частичного окисления на воздухе часто бывает розового цвета, фенол плавится при $42,3^\circ C$, частично растворим в воде. Ядовит!

По химическим свойствам фенол несколько сходен с одноатомными спиртами. Так, он взаимодействует с металлическим натрием, образуя фенолят натрия:

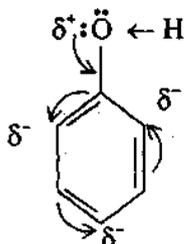


Однако, в отличие от спиртов, фенол реагирует и со щелочами, проявляя при этом слабые кислотные свойства:

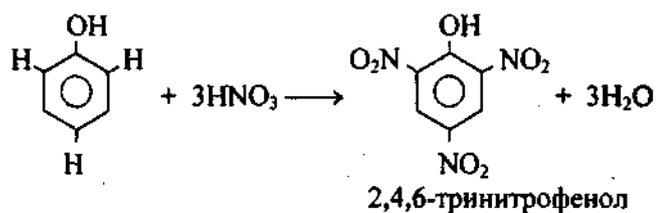
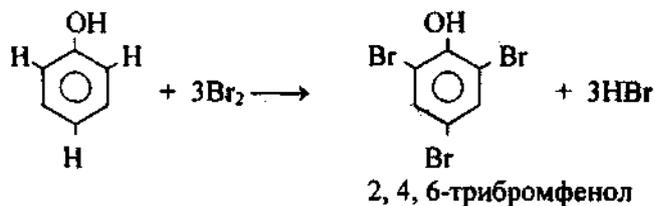


Иногда фенол называют карболовой кислотой.

Отличие фенолов от спиртов вызвано взаимным влиянием в молекуле фенола гидроксильной группы и бензольного ядра, называемого фенилом (C_6H_5-). Сущность этого влияния состоит в том, что р—связь бензольного кольца взаимодействует с неподеленными электронными парами атома кислорода гидроксильной группы, вследствие чего электронная плотность связи О—Н в большей степени смещается от водорода к кислороду. Связь становится более полярной, водород становится подвижным и реакционноспособным. Влияние атомов в молекуле взаимно.



Гидроксильная группа в свою очередь оказывает влияние на бензольное кольцо, в результате чего атомы водорода в *орто*- и *пара*- положениях (2, 4, 6) становятся более подвижными и легко замещаются на другие атомы. Фенол, в отличие от бензола, без нагревания и без катализаторов энергично взаимодействует с бромом и азотной кислотой, образуя трёхзамещённые производные:

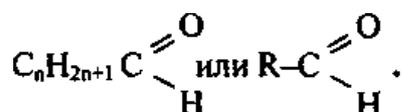


Под влиянием гидроксильной группы облегчается взаимодействие фенола с формальдегидом. Качественной реакцией на фенол является взаимодействие его с хлоридом железа (III) (фиолетовое окрашивание).

Фенол применяется для производства фенолформальдегидных пластмасс, лекарственных веществ, взрывчатых веществ и красителей. Как сильный антисептик фенол применяется в качестве дезинфицирующего средства.

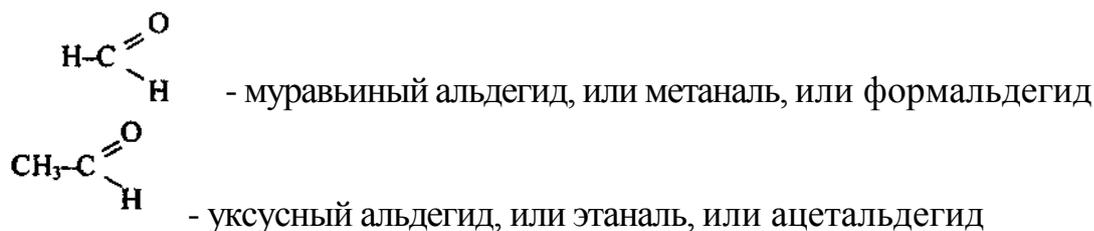
3.3. Альдегиды, их строение и свойства. Получение и применение муравьиного и уксусного альдегидов

Альдегидами называются органические соединения, молекулы которых содержат функциональную группу:



Общая формула альдегидов:

Группа атомов >C=O называется карбонильной группой (карбонилем). Названия альдегидов производятся от названий тех кислот, в которые они превращаются при окислении. По международной номенклатуре названия производят от названий соответствующих углеводородов с добавлением суффикса -аль. Например:



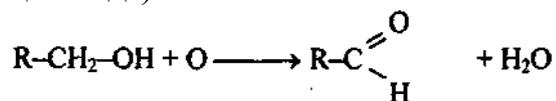
Рассмотрим строение альдегидов на примере формальдегида:



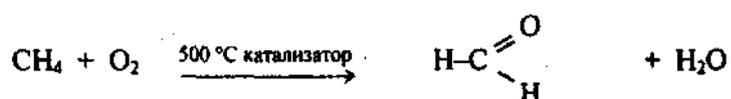
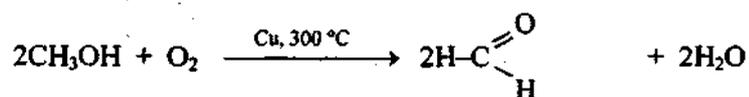
В молекуле формальдегида между атомами углерода и водорода существуют σ -связи, а между атомами углерода и кислорода - одна s - и одна p -связь. Электронная плотность связи (преимущественно p -связи, как наиболее подвижной) смещена к кислороду как к более электроотрицательному элементу. В результате атом кислорода приобретает частичный отрицательный (δ^-), а атом углерода частичный положительный (δ^+) заряд. Поляризация связи в карбонильной группе обуславливает большую

Этаналь в основном применяется для получения уксусной кислоты, а также при некоторых органических синтезах.

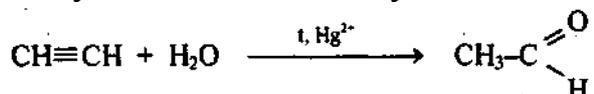
В лаборатории альдегиды получают окислением первичных спиртов. В качестве окислителей применяют оксид меди (II), пероксид водорода и др. Уравнение реакции (в общем виде):



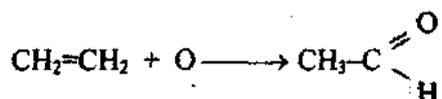
В промышленности формальдегид получают окислением метанола или метана кислородом воздуха в присутствии катализаторов:



Уксусный альдегид получают из ацетилена по реакции Кучерова:

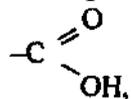


В настоящее время ацетальдегид получают окислением этилена. Реакция протекает при давлении 1 МПа, температуре 100°C и в присутствии катализатора (смеси PdCl₂ и Cu₂Cl₂):



3.4. Карбоновые кислоты, их строение и свойства. Отдельные представители кислот

Карбоновыми кислотами называются органические соединения, молекулы которых содержат одну или несколько карбоксильных групп



соединенных с углеводородным радикалом или атомом водорода.

По числу карбоксильных групп в молекуле кислоты делят на одноосновные, двухосновные; по характеру насыщенности связей в углеродной цепи кислоты классифицируют на предельные и непредельные.

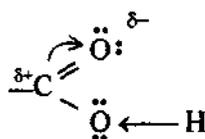
Общая формула предельных одноосновных карбоновых кислот

$\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}$ или R-COOH . Чаще всего употребляются исторически сложившиеся названия кислот. По международной номенклатуре их образуют от названий соответствующих углеводородов с добавлением окончания -овая и слова кислота. Например: HCOOH - муравьиная, или метановая, кислота; CH₃COOH - уксусная, или этановая, кислота; CH₃CH₂COOH - пропионовая, или пропановая, кислота и т. д.

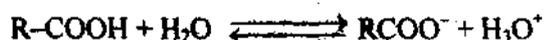
Свойства карбоновых кислот. Многие свойства карбоновых кислот обусловлены наличием в их молекулах карбоксильных групп.

Связь O-H в группах -COOH сильно поляризована, так как кислород более

электроотрицательный элемент, чем водород. Эта поляризация усиливается за счёт смещения электронной плотности от* атома углерода к атому кислорода карбонильной группы:



В результате атом водорода гидроксильной группы очень подвижен, связь О-Н менее прочная, чем в спиртах. В отличие от спиртов водные растворы карбоновых кислот изменяют цвет индикаторов, т. к. происходит их диссоциация:

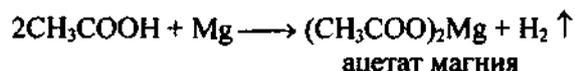


Все карбоновые кислоты - слабые электролиты (НСООН-средней силы).

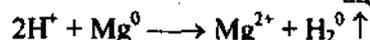
Низшие карбоновые кислоты - жидкости с острым запахом, хорошо растворимые в воде. С повышением относительной молекулярной массы растворимость кислот, в воде понижается, а температура кипения повышается. Высшие кислоты, начиная с пеларгоновой (нонановой) $C_8H_{17}COOH$, - твёрдые вещества, без запаха, в воде нерастворимы.

Карбоновые кислоты проявляют все свойства неорганических кислот:

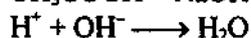
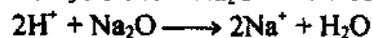
1) взаимодействие с некоторыми металлами:



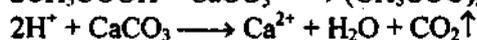
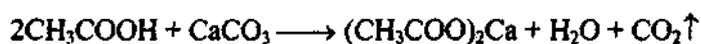
ацетат магния



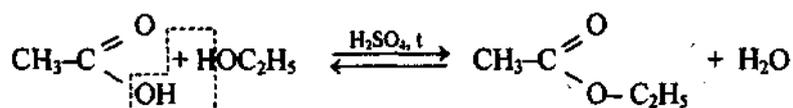
2) взаимодействие с основными оксидами и гидроксидами:



3) взаимодействие с солями более слабых и летучих кислот:

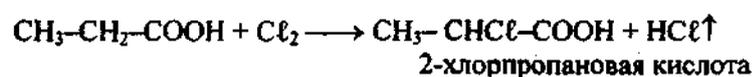


4) взаимодействие кислот со спиртами (реакция этерификации):



этиловый эфир уксусной
кислоты (этилацетат)

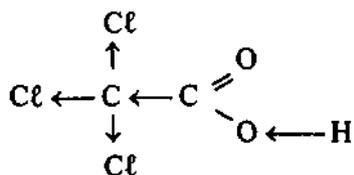
Кроме общих свойств карбоновые кислоты проявляют и специфические свойства. Они реагирует с галогенами, при этом атомы хлора или брома замещают атомы водорода в углеводородном звене, ближайшем к карбоксильной группе:



2-хлорпропановая кислота

Вступление атомов галогена в молекулу кислоты влияет на кислотность карбоксильной группы. Степень диссоциации кислот сильно повышается. Например,

хлоруксусная кислота почти в 10 раз сильнее уксусной, а трихлоруксусная кислота по силе близка к соляной или серной. Ослабление связи водорода в гидроксильной группе можно изобразить схемой:

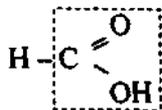


Общим способом получения карбоновых кислот является окисление первичных спиртов и альдегидов. Всё более широко для получения кислот используют окисление предельных углеводородов.

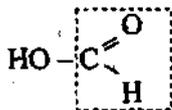
ОТДЕЛЬНЫЕ ПРЕДСТАВИТЕЛИ КИСЛОТ

Муравьиная кислота НСООН содержится в выделениях желез муравьев, в листьях крапивы, хвое ели.

Наряду с типичными свойствами кислот она проявляет свойства альдегидов, т. к. содержит альдегидную группу

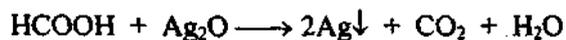


карбоксильная группа



альдегидная группа

Муравьиная кислота легко окисляется и служит хорошим восстановителем:

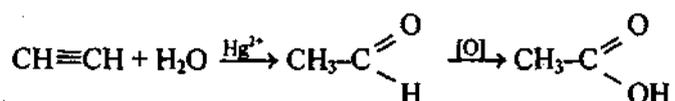


При нагревании она разлагается на оксид углерода (II) и воду:

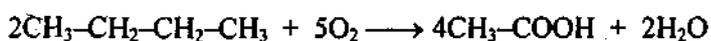


Муравьиная кислота широко применяется в качестве восстановителя при синтезе органических веществ, для получения щавелевой кислоты, для приготовления катализаторов, в кожевенном производстве для промывки шкур, в текстильной промышленности - при крашении тканей, в медицине, в консервном, спиртовом и пивоваренном производствах.

Уксусная кислота $\text{CH}_3\text{-COOH}$ обладает всеми свойствами кислот. Получают её окислением альдегидов, полученных по реакции М. Г. Кучерова:



В последнее время уксусную кислоту получают окислением бутана:

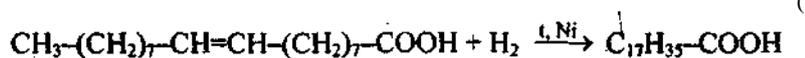


Уксусная кислота широко применяется при крашении, ситцепечатании, в пищевой промышленности, в кожевенном производстве, а также в химической промышленности для получения пластмасс, красителей, лекарственных веществ, искусственного волокна. Соли уксусной кислоты (ацетаты) используются для борьбы с вредителями сельского хозяйства.

Стеариновая кислота $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$ - представитель высших жирных кислот. Натриевые и калиевые соли этой кислоты (*стеараты*) растворимы в воде. Они обладают мощными действиями и составляют основную часть обычного твёрдого мыла. Смесь твёрдых жирных кислот идёт на изготовление стеарина, который используется в производстве стеариновых свечей.

Олеиновая кислота $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$ - представитель непредельных карбоновых кислот. В виде сложного эфира глицерина она входит в состав растительных жиров.

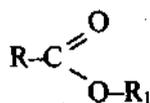
Олеиновая кислота обладает двойственной химической функцией, т. к. она проявляет и свойства карбоновых кислот, и свойства непредельных соединений. Так, олеиновая кислота присоединяет водород по месту двойной связи, превращаясь при этом в стеариновую:



На этом свойстве основано получение твёрдых жиров из растительных масел.

3.5. Сложные эфиры. Их строение, свойства, получение. Жиры.

Сложные эфиры - это органические соединения, которые получаются при взаимодействии карбоновых кислот со спиртами. Общая формула сложных эфиров



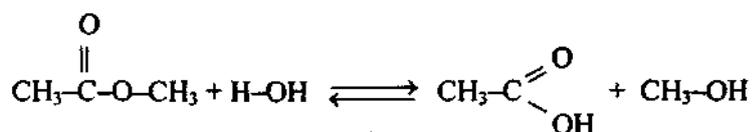
где R и R'] - углеводородные радикалы.

Названия сложных эфиров производят от названий кислот и спиртов, участвовавших в образовании эфиров; их также образуют по типу названий солей. Например:

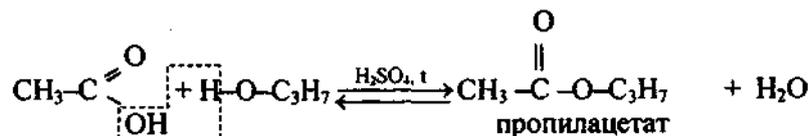


Свойства. Многие эфиры - жидкости, обладающие приятным запахом. Они мало растворимы в воде и хорошо растворимы в спирте. Температуры кипения сложных эфиров ниже, чем у соответствующих органических кислот (отсутствуют водородные связи).

Сложные эфиры взаимодействуют с водой. Эта реакция называется гидролизом или омылением, она обратима:



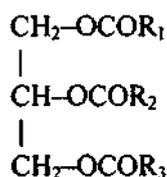
Реакция взаимодействия кислот со спиртами, ведущая к образованию сложного эфира, называется реакцией этерификации. Она ускоряется в присутствии водоотнимающих средств, например H_2SO_4 (конц.):



Сложные эфиры широко применяются для приготовления фруктовых эссенций, в качестве растворителей органических веществ, в медицине.

Природными соединениями - представителями эфиров - являются жиры, масла, воски.

Жиры - это сложные эфиры глицерина и карбоновых кислот. Состав жиров был выяснен благодаря трудам французских учёных Э. Шевреля и М. Бертло. Первый осуществил гидролиз, второй - синтез жира из глицерина и высших карбоновых кислот. Общая формула жиров:



В состав жиров могут входить разные кислотные радикалы. В зависимости от состава кислот, образующих жиры, их делят на твёрдые и жидкие. Твёрдые жиры образованы высшими предельными карбоновыми кислотами - стеариновой $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$, пальмитиновой $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$ и др. Жидкие жиры образованы непредельными кислотами - олеиновой $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$, линолевой $\text{C}_{17}\text{H}_{31}\text{COOH}$ и др.

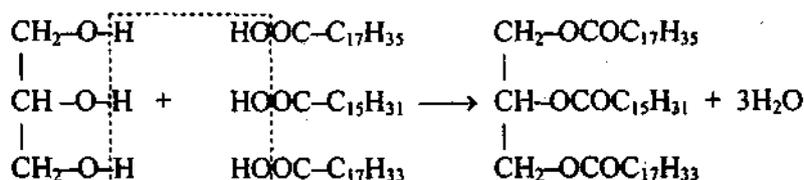
Жиры являются важной составной частью нашей пищи. При окислении жиров в организме выделяется в два раза больше энергии, чем при окислении белков и

углеводов.

Как вещества нерастворимые в воде, жиры не могут непосредственно всасываться в организм из органов пищеварения. Под влиянием ферментов жиры гидролизуются на глицерин и соответствующие кислоты. Продукты гидролиза всасываются ворсинками кишечника и снова образуют жир, свойственный уже данному организму. Синтезированный жир поступает в кровь и переносится ею в другие органы и ткани организма, где в процессе постоянного обмена веществ в клетках снова подвергается гидролизу и затем постепенному окислению. Конечные продукты окисления - оксид углерода (IV) и вода. Эти экзотермические реакции дают организму энергию, необходимую для жизнедеятельности.

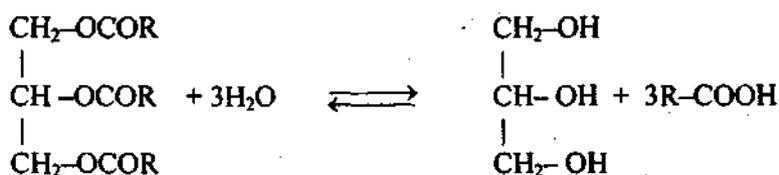
Все жиры легче воды и в ней нерастворимы. Они хорошо растворяются в бензине, эфире и других растворителях.

Жиры получают взаимодействием глицерина с высшими карбоновыми кислотами:



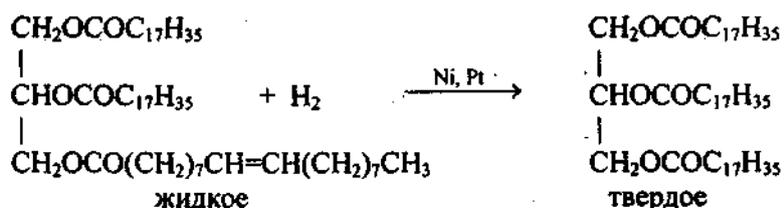
Основным свойством жиров является их гидролиз (омыление), который легко протекает в присутствии катализаторов - кислот, щелочей, оксидов Mg, Ca, Zn.

Например:



Реакция гидролиза жиров обратима, однако в присутствии щелочей равновесие сильно смещено вправо.

Растительные жиры, содержащие в углеводородном радикале двойные связи, могут вступать в реакции присоединения водорода (гидрогенизация), переходя в твердые жиры. Например:



Продукт гидрогенизации - твердый жир (саломас) идет на производство мыла, глицерина и стеарина, а также пищевого маргарина.

Жиры в основном применяют в качестве пищевого продукта. Еще недавно их использовали для получения мыла. В настоящее время необходимые для производства мыла карбоновые кислоты получают окислением парафина.

Мыла, получаемые из синтетических кислот, по своей химической природе аналогичны обычным мылам, в жесткой воде они также плохо моют. Поэтому в

настоящее время развивается производство моющих средств другого типа.

3.6. Углеводы

Углеводы - большой класс природных органических соединений. Содержание их в растениях составляет 80 % массы сухого вещества, в организме животных и человека - до 20 %. Пища человека состоит примерно на 70 % из углеводов.

Название «углеводы» возникло потому, что первые представители этого класса соединений состояли как бы из углерода и воды. Их состав выражался общей формулой $C_n(H_2O)_m$. Позднее были найдены углеводы, не отвечающие этой формуле, но по другим признакам относящиеся к этому классу веществ.

Углеводы в зависимости от их строения можно подразделить на моносахариды (глюкоза, фруктоза и др.), дисахариды (сахароза), полисахариды (крахмал, целлюлоза).

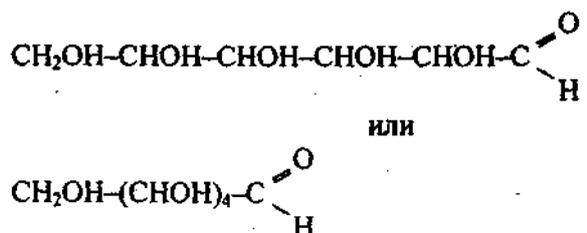
3.6.1. Глюкоза, ее строение, химические свойства, роль в природе

Важнейшим из моносахаридов является глюкоза $C_6H_{12}O_6$. Это бесцветное кристаллическое вещество, сладкое на вкус, хорошо растворимое в воде. Она содержится почти во всех органах растений, особенно много ее в виноградном соке (отсюда второе название глюкозы - виноградный сахар). В крови человека ее содержится ~ 0,1 %.

Строение глюкозы было установлено на основе изучения ее химических свойств. Она проявляет свойства многоатомных спиртов, в то же время с аммиачным раствором оксида серебра глюкоза дает реакцию «серебряного зеркала», что указывает на принадлежность ее к альдегидам. Экспериментально установлено, что глюкоза имеет неразветвленную углеродную цепь и что 1 моль глюкозы реагирует с пятью молями уксусной кислоты с образованием сложного эфира.

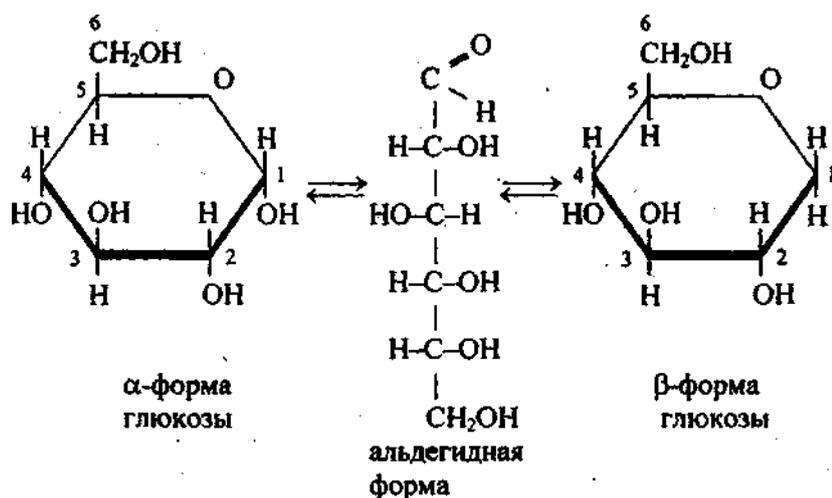
Это означает, что в молекуле глюкозы пять гидроксильных групп.

Учитывая, всё это, а также то, что гидроксильные группы могут быть устойчивы, находясь лишь у разных атомов углерода, и что альдегидная группа может находиться только в конце углеродной цепи, строение молекулы глюкозы можно выразить формулой:



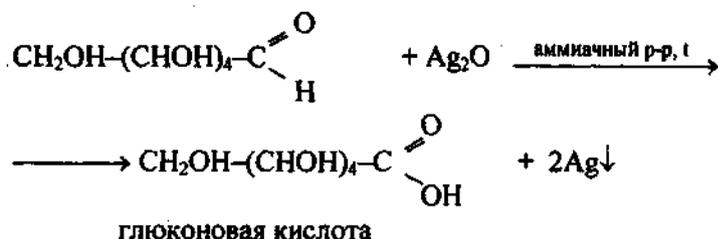
Следовательно, глюкоза - альдегидоспирт. Однако она не даёт всех реакций альдегидов. Так, при сливании растворов глюкозы и фуксинсернистой кислоты красно-фиолетовое окрашивание (реакция на альдегидную группу) не появляется. Исследования учёных показали, что в растворе глюкозы содержатся молекулы не только с открытой цепью атомов, но и циклические, в которых нет альдегидной группы.

Циклическое строение молекул глюкоза имеет в кристаллическом состоянии, в водных же растворах она существует в различных формах, взаимно превращающихся друг в друга:



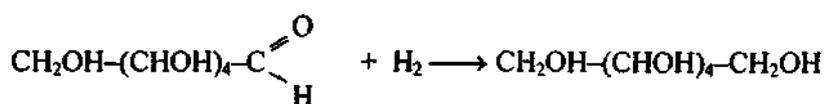
В б-циклической форме гидроксильные группы при первом и втором углеродных атомах расположены по одну сторону плоскости кольца молекулы, в в-форме - гидроксильные группы находятся по разные стороны кольца молекулы. Циклической формой углеводов объясняются их многие химические свойства.

Химические свойства. Как многоатомный спирт глюкоза образует сложные эфиры. Как альдегид она окисляется:

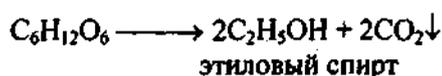


Окислителем альдегидной группы глюкозы может служить и гидроксид меди (II).

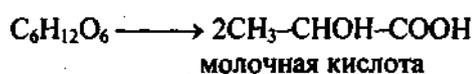
Альдегидная группа глюкозы может быть восстановлена, при этом образуется шестиатомный спирт - сорбит:



Важным химическим свойством глюкозы является брожение. Известно несколько видов брожения. Спиртовое брожение идёт под действием фермента дрожжей:



Молочнокислое брожение происходит под действием фермента молочнокислых бактерий:



Молочнокислое брожение имеет большое значение в получении творога, сметаны, сыра и др., а также в переработке сельскохозяйственных продуктов (квашение капусты, силосование кормов).

Применение. Глюкоза - ценное питательное вещество. В организме происходит постепенное окисление глюкозы до оксида углерода (IV) и воды. Упрощённо этот процесс можно выразить следующим уравнением:



Этот процесс идёт последовательно через целый ряд стадий и сопровождается выделением энергии, за счёт которой организм осуществляет свои многообразные функции (сокращение мышц, синтез веществ и т. д.).

Глюкозу используют в медицине в качестве укрепляющего лечебного средства, в кондитерском деле при изготовлении карамели, мармелада и т. д. В текстильной промышленности глюкоза применяется для отделки тканей. Брожением глюкозы получают молочную кислоту и другие продукты.

В технике глюкозу получают из более сложных углеводов, преимущественно из крахмала путём гидролиза.

В природе глюкоза наряду с другими углеводами образуется в результате реакции фотосинтеза:



3.6.2. Сахароза

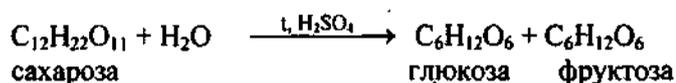
Сахароза известна нам в виде обычного сахара. Она содержится во многих растениях. Особенно много её в сахарной свёкле и сахарном тростнике; из них и получают сахарозу.

Сахароза - бесцветное вещество, более сладкое, чем глюкоза, хорошо растворимое в воде.

Молекулярная формула сахарозы $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$. Присутствие гидроксильных групп в молекуле можно обнаружить при взаимодействии сахарозы с гидроксидом меди (II) - образуется *ярко-синий раствор сахара меди*.

Наличие альдегидной группы в сахарозе установить не удаётся: она не даёт реакции «серебряного зеркала». Следовательно, в молекуле сахарозы имеются гидроксильные группы, но нет альдегидной.

Если же раствор сахарозы прокипятить с несколькими каплями соляной или серной кислоты, то образуется два вещества, одно из которых, как и альдегиды, окисляется оксидом серебра (I) и гидроксидом меди (II). Изучение этой реакции показывает, что **сахароза при нагревании в присутствии кислоты подвергается гидролизу** в результате чего образуются глюкоза и фруктоза:



Таким образом, можно считать, что молекула сахарозы состоит из остатков молекул глюкозы и фруктозы в их циклической форме, они соединены между собой через атом кислорода.

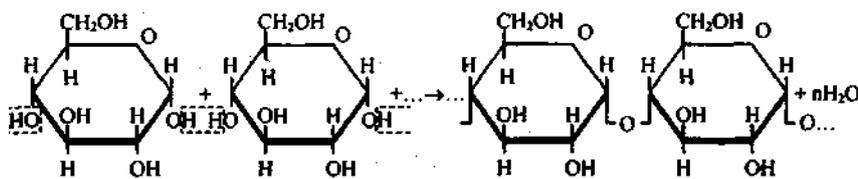
Сахароза используется в качестве продукта питания и в кондитерской промышленности. Путём гидролиза из неё получают искусственный мёд.

3. 6.3. Крахмал и целлюлоза, их строение, свойства, применение

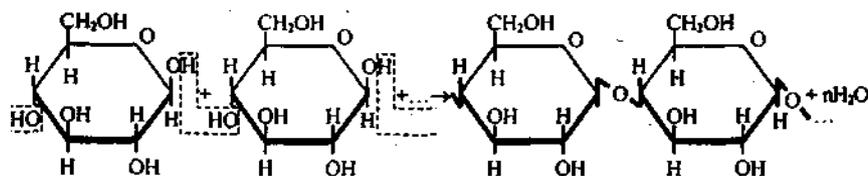
Крахмал и целлюлоза - природные полисахариды. Их общая формула $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$. Значение n у целлюлозы гораздо выше, чем у крахмала: её средняя молекулярная масса достигает нескольких миллионов, тогда как у крахмала - нескольких тысяч. Отличаются они и геометрической формой макромолекул: макромолекулы крахмала имеют

линейную и разветвлённую структуру, макромолекулы целлюлозы - только линейную структуру.

Установлено также, что макромолекулы крахмала состоят из остатков молекул циклической β-глюкозы. Процесс образования крахмала можно представить так:



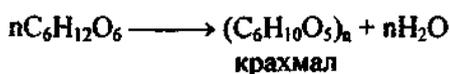
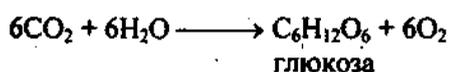
Макромолекулы целлюлозы построены из остатков молекул циклической α-глюкозы. Процесс их соединения можно представить так:



Построение макромолекул крахмала и целлюлозы из разных циклических форм глюкозы существенно сказывается на их свойствах. Крахмал является важным продуктом питания человека, целлюлоза для этой цели использоваться не может.

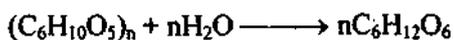
Крахмал - белый порошок, нерастворимый в холодной воде. В горячей воде он набухает и образует коллоидный раствор - клейстер.

Крахмал образуется в результате фотосинтетической деятельности растений при поглощении энергии солнечного излучения. Сначала из углекислого газа и воды синтезируется глюкоза, которая далее превращается в крахмал. В общем виде эти процессы можно выразить следующими уравнениями:



Некоторые растения накапливают крахмал в клубнях, плодах, семенах в качестве резервного материала (энергии). Так, клубни картофеля содержат около 20 % крахмала, зёрна пшеницы и кукурузы - около 70 %.

Важное химическое свойство крахмала — его гидролиз. Гидролиз протекает при действии ферментов или при нагревании крахмала с кислотами. При этом сначала образуются промежуточные продукты с меньшей молекулярной массой, чем у крахмала, - декстрины, затем изомер сахарозы - мальтоза, конечным продуктом гидролиза является глюкоза. Суммарное уравнение гидролиза:



Характерной реакцией крахмала является его взаимодействие с йодом. Раствор йода окрашивает крахмал в синий цвет. При нагревании окраска исчезает, при охлаждении появляется вновь. Эту реакцию используют для обнаружения крахмала.

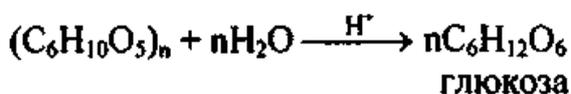
Крахмал используется не только как продукт питания. В пищевой промышленности из него готовят глюкозу и патоку. Он применяется для синтеза этилового спирта, как клеящее средство, средство для отделки тканей, крахмаления белья. В медицине крахмал используют для приготовления мазей, присыпок.

Целлюлоза, или клетчатка, входит в состав растений, образуя оболочки клеток. Волокна хлопка содержат до 98 % целлюлозы, в древесине около 50 %, в траве и листьях деревьев 10-25 % целлюлозы. Вата, фильтровальная бумага - наиболее чистые образцы целлюлозы.

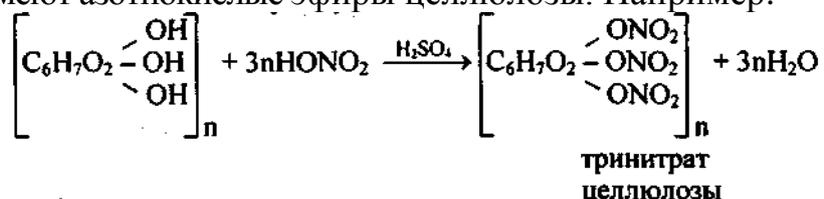
Целлюлоза - твёрдое белое волокнистое вещество. В воде практически нерастворима, но растворима в реактиве Швейцера (аммиачный раствор оксида меди).

Целлюлоза хорошо горит. При термическом разложении целлюлозы (нагревании без доступа воздуха) образуются древесный уголь, вода, метиловый спирт, уксусная кислота, ацетон.

Целлюлоза подвергается гидролизу при нагревании в кислой среде:

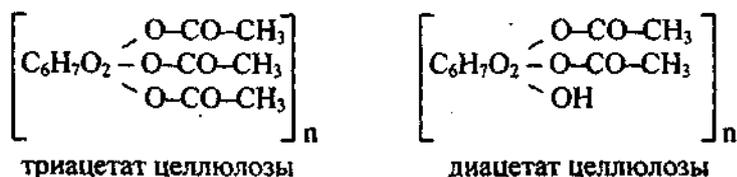


Структурные звенья целлюлозы $C_6H_{10}O_5$ содержат по три гидроксильные группы, за счёт которых целлюлоза может давать простые и сложные эфиры. Наибольшее значение имеют азотнокислые эфиры целлюлозы. Например:



В зависимости от концентрации азотной кислоты в реакцию могут вступать одна, две или все три гидроксильные группы каждого звена молекулы целлюлозы. Общее свойство нитратов целлюлозы - их горючесть. Тринитрат целлюлозы (пироксилин) - сильновзрывчатое вещество, применяется в производстве бездымного пороха.

При взаимодействии целлюлозы с уксусным ангидридом (в присутствии серной и уксусной кислот) образуются триацетат или диацетат целлюлозы:



Диацетат и триацетат целлюлозы используются для приготовления искусственного ацетатного волокна.

Огромное значение имеет целлюлоза как источник глюкозы и этилового спирта (брожение). Целлюлоза широко применяется для получения искусственного шёлка,

бумаги, искусственного корма для скота.

4. АЗОТСОДЕРЖАЩИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

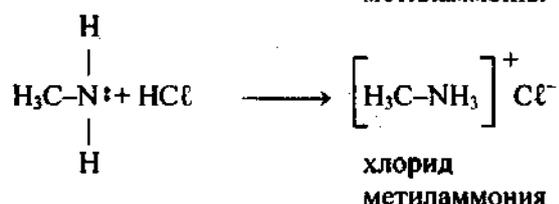
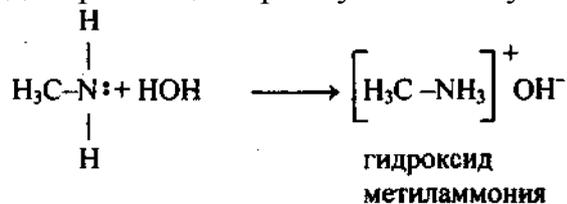
4.1. Амины. Анилин

Аминами называются производные аммиака, в молекулах которого один, два или все три атома водорода заменены углеводородными радикалами:



Группа NH_2 называется аминогруппой.

Строение молекул аминов аналогично строению молекулы аммиака, поэтому свойства этих веществ сходны. В их молекулах атом азота имеет неподеленную пару электронов. При растворении аминов в воде или при взаимодействии их с кислотами между азотом и положительно заряженным ионом водорода возникает ковалентная связь по донорно-акцепторному механизму. Например:



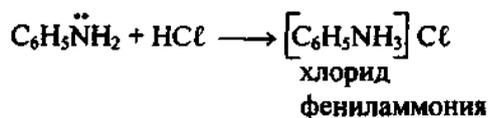
Поскольку амины обладают основными свойствами (присоединяют протон), их часто называют органическими **основаниями**.

Их водные растворы окрашивают лакмус в синий цвет, а фенолфталеин - в малиновый. Однако, по сравнению с аммиаком амины - более сильные основания. В молекулах аминов под влиянием радикала - CH_3 электронное облако связи $\text{C}-\text{N}$ смещается к азоту, вследствие чего электронная плотность на азоте возрастает, и он прочнее удерживает присоединённый ион водорода. Гидроксильные группы воды от этого становятся более свободными, и щелочные свойства раствора усиливаются.

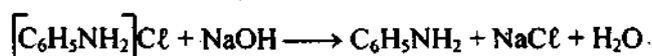
Наибольшее практическое значение имеет ароматический амин - анилин.

Анилин $\text{C}_6\text{H}_5-\text{NH}_2$ - бесцветная маслянистая жидкость, малорастворимая в воде, при хранении на воздухе темнеет, сильно ядовит. Хорошо растворяется в спирте, эфире, бензоле.

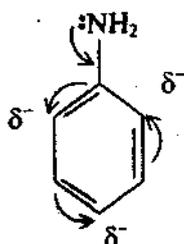
Основные свойства у анилина проявляются слабее, чем у аммиака и аминов предельного ряда. Так, раствор анилина не окрашивает лакмус в синий цвет, но при взаимодействии с сильными кислотами анилин образует соли:



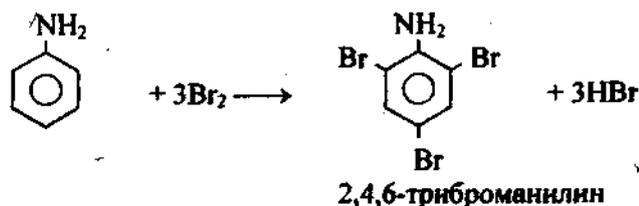
Если на раствор хлорида фениламмония подействовать раствором щёлочи, то снова выделится анилин:



Почему же анилин менее сильное основание, чем амины предельного ряда? Очевидно, на свойства анилина оказывает влияние бензольное ядро. Как и в молекуле фенола, бензольное ядро несколько оттягивает неподелённую электронную пару от атома азота аминогруппы. Вследствие этого электронная плотность на азоте уменьшается и он слабее притягивает к себе протоны, т. е. основные свойства анилина ослабляются.



В свою очередь аминогруппа оказывает влияние на бензольное кольцо. Так, анилин легко взаимодействует с хлором, бромом при обычных условиях:



Но этой же причине анилин легко окисляется. При действии на анилин хромовой смеси (смесь конц. H_2SO_4 и $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) последовательно образуются вещества разнообразной окраски. В качестве конечного продукта получается **чёрный анилин**, который применяется как прочный краситель (для окраски тканей и меха в чёрный цвет).

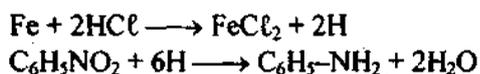
Анилин находит широкое применение в химической промышленности для синтеза многих органических соединений, в том числе красителей и лекарственных веществ.

Впервые анилин был получен в 1826 г. в результате перегонки индиго с известью. В 1842 г. его получил знаменитый русский химик Н. Н. Зинин восстановлением нитробензола сульфидом аммония:

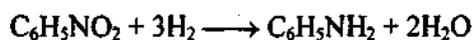


Реакция Зинина - это метод получения ароматических аминов восстановлением нитросоединений.

В настоящее время нитробензол восстанавливают чугунными стружками в присутствии соляной кислоты. Вначале выделяется атомарный водород, который и взаимодействует с нитробензолом:



Перспективным способом получения анилина является восстановление нитробензола водородом при 300°C в присутствии катализатора:



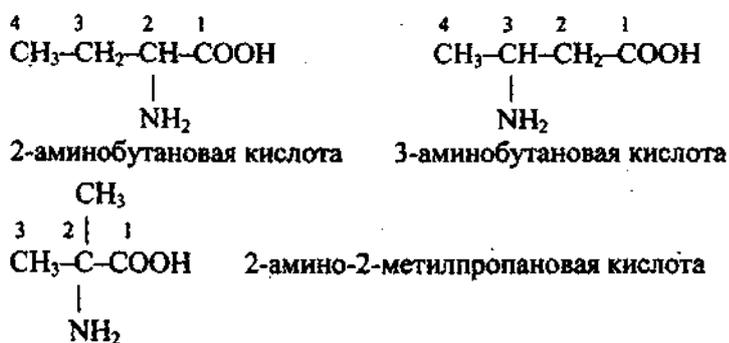
4.2. Аминокислоты, их строение, химические особенности.

Синтетическое волокно капрон

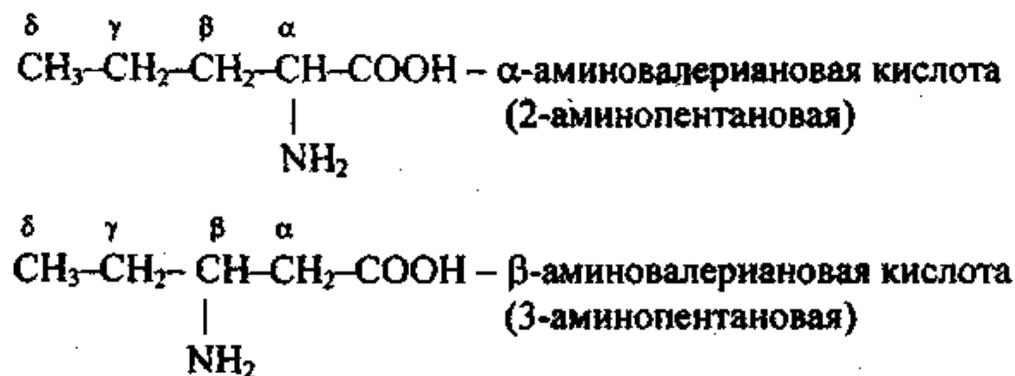
Аминокислоты - это органические соединения, в молекулах которых содержатся одновременно аминогруппа - NH₂ и карбоксильная группа - COOH. Например:



Изомерия аминокислот обусловлена различным строением углеродной цепи и положением аминогруппы:



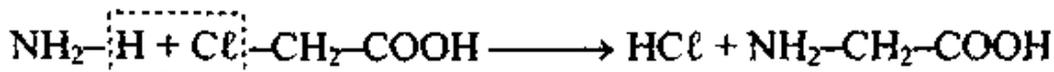
Иногда атомы углерода в молекуле аминокислоты обозначают буквами греческого алфавита. Например:



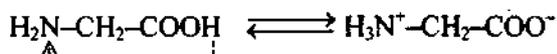
Аминокислоты - бесцветные кристаллические вещества, растворимые в воде; многие из них обладают сладким вкусом.

Аминокислоты широко распространены в природе. Из них построены молекулы белков, играющих важнейшую роль в жизненных процессах. Наибольшее значение имеют β-аминокислоты, так как в белках содержатся исключительно они.

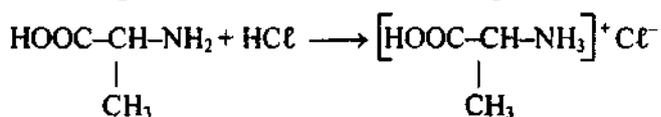
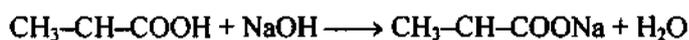
Аминокислоты, входящие в состав белков, получают путём их гидролиза. Известны и синтетические способы получения аминокислот, например, действием аммиака на соли хлорзамещённых кислот:



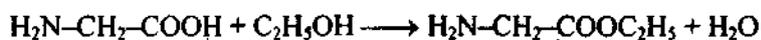
Свойства. Поскольку аминокислоты содержат карбоксильную (кислотные свойства) и аминогруппу (основные свойства), то в молекуле эти группы взаимодействуют, приводя к взаимной внутренней нейтрализации и образованию **биполярного иона**:



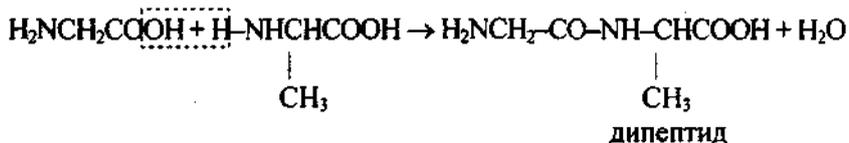
Поэтому аминокислоты являются амфотерными соединениями; они могут реагировать как со щелочами, так и с кислотами, образуя соли:



Аминокислоты реагируют со спиртами с образованием сложных эфиров:



Особое свойство аминокислот - образование пептидов. За счёт - карбоксильной группы одной молекулы и аминогруппы другой аминокислоты соединяются друг с другом, образуя высокомолекулярные соединения - полипептиды:



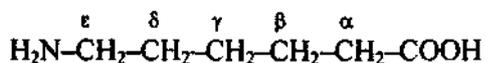
Из трёх аминокислот образуются трипептиды, из большого числа - полипептиды.

Группа атомов $\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\overset{\text{H}}{\text{N}}$ называется пептидной (амидной) группой, связь между атомами углерода и азота - пептидной (амидной) связью.

б-аминокислоты необходимы человеку и животным для синтеза белков в организме. Эти вещества входят в состав пищевых продуктов. Многие аминокислоты содержатся в лекарственных препаратах. Неразветвленные аминокислоты используются для производства синтетических волокон (капрона, энанта).

СИНТЕТИЧЕСКОЕ ВОЛОКНО КАПРОН

Полимер, из которого получают это волокно, является продуктом поликонденсации ε-аминокапроновой кислоты.



В промышленном производстве применяют не саму б-аминокапроновую кислоту, а её производное капролактам, являющийся продуктом взаимодействия карбоксильной группы и аминогруппы внутри молекул кислоты:

$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH}$ – глицин

$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH}$ – аланин

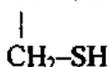


$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH}$ – лейцин

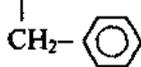


$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH}$ – лизин

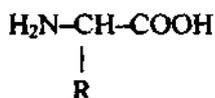
$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH}$ – цистеин



$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH}$ – фенилаланин и др.

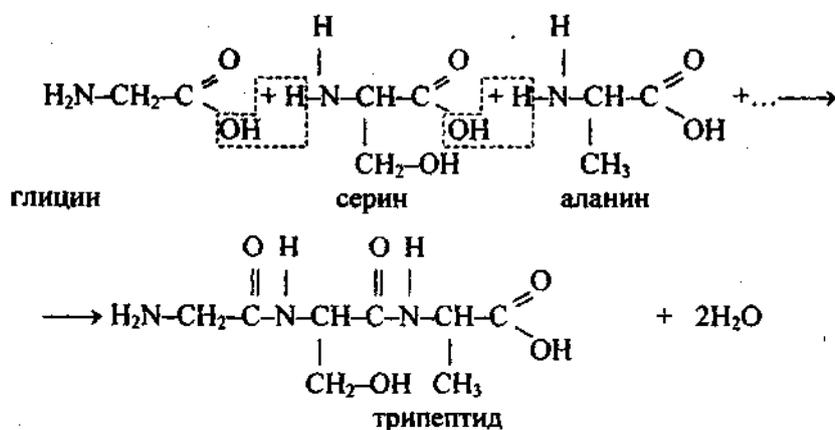


Состав аминокислот, из которых построены белки, можно выразить общей формулой:



В составе радикала (R) могут быть открытые цепи, циклы, различные функциональные группы. Остатки аминокислот в молекуле могут многократно повторяться в самых различных сочетаниях, что приводит к существованию огромного числа различных белков.

Первая гипотеза о строении молекулы белка была предложена еще в 70-х годах XIX в. (уреидная теория). В 1888 г. русский биохимик А. Я. Данилевский указывал на то, что белки - это полимерные образования. В 1903 г. немецкий учёный Э. Фишер высказал пептидную теорию, согласно которой белки представляют собой полимеры аминокислот, соединённых пептидной связью. Э. Фишер синтезировал соединения, молекулы которых были построены из 18 остатков различных аминокислот. Эти полипептиды по некоторым свойствам напоминали белки. Упрощённо синтез полипептидов можно изобразить так:



Современные исследования позволяют различить в структуре белка первичную, вторичную, третичную и четвертичную структуры.

Первичная структура - последовательность чередования аминокислотных остатков в макромолекуле.

Вторичная структура - форма полипептидной цепи в пространстве (чаще всего

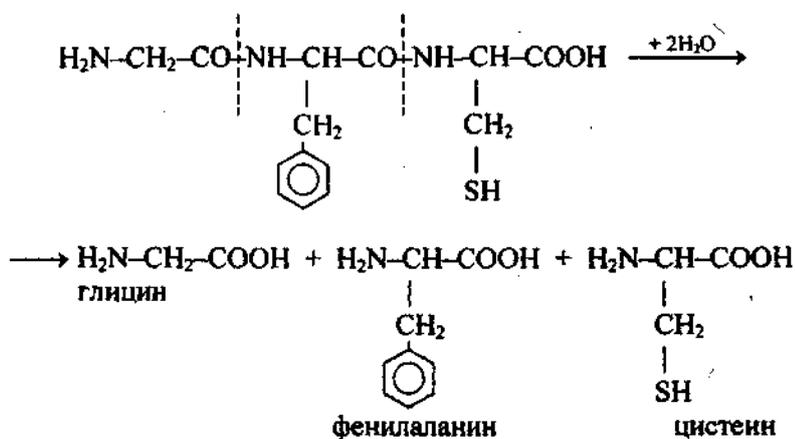
спираль). Белковая цепь закручена в спираль и удерживается водородными связями, возникающими между группами -СО- и -NH- соседних витков спирали.

Третичная структура - трёхмерная конфигурация, которую принимает в пространстве закрученная спираль. Она поддерживается взаимодействием разных функциональных групп полипептидной цепи. Так, между атомами серы часто образуется дисульфидный мостик (-S-S-), между группами -СООН и -ОН возникает сложноэфирный мостик и т. д. Третичной структурой объясняется специфичность белковой молекулы, её биологическая активность.

Четвертичная структура - соединение друг с другом макромолекул белков. Примером такого белка является гемоглобин, который представляет собой комплекс из четырёх макромолекул.

Свойства. Белки имеют различную растворимость: одни растворяются в воде, образуя коллоидные растворы (белок куриного яйца), другие - в разбавленных растворах солей, третьи - практически нерастворимы.

Важным свойством белков является **гидролиз**. Гидролиз белков сводится к гидролизу полипептидных связей. Он происходит при нагревании белков с растворами кислот или щелочей или при действии ферментов. Конечными продуктами Гидролиза являются б-аминокислоты. Например, при гидролизе одного трипептида образуются три аминокислоты:



Под влиянием ряда факторов (нагревания, встряхивания и др.) может нарушиться вторичная и третичная структура белка. Происходит так называемая **денатурация** белка. Денатурация белка происходит при варке яиц, приготовлении пищи и т. д. Сильное нагревание приводит к разложению белков с выделением летучих продуктов.

Наличие в белках карбоксила и аминогруппы делает их амфотерными соединениями, т. е. они реагируют как с кислотами, так и со щелочами. Если в молекуле белка преобладают карбоксильные группы, то он проявляет свойства кислот, если же преобладают аминогруппы - свойства оснований.

Белки дают характерные **цветные реакции**, по которым их можно распознать среди других веществ:

1) биуретовая реакция. При приливании к раствору белка концентрированного раствора щёлочи и насыщенного раствора С118О4 появляется характерное фиолетовое окрашивание;

2) ксантопротеиновая реакция. При действии на белок концентрированной азотной

кислоты наблюдаем появление жёлтой окраски (происходит нитрование бензольных колец).

Из органических соединений, входящих в живую клетку, важнейшую роль играют белки. Благодаря именно этим соединениям организм размножается, растёт, движется, реагирует на внешние воздействия и т. д.

Функции белков в организме многообразны: строительная (все мембранные структуры), каталитическая (ферменты), регуляторная (гормоны), защитная (антитела), транспортная (гемоглобин), энергетическая и др. (учебник «Общая биология»).

Белки являются материальными носителями жизни. Связь жизни с белками отмечал Ф. Энгельс: *«Жизнь есть способ существования белковых тел...»*

Человек в течение длительного времени потреблял белки, выделенные из растений и животных. В настоящее время ведутся работы по искусственному получению белковых веществ (синтезированы инсулин, рибонуклеаза). Синтез белков является сложной проблемой, решение которой будет победой всего человечества. Откроются невиданные возможности получения разнообразных веществ для использования в технике, медицине и т. д. Будет решена проблема биохимического и синтетического получения пищи.

Содержание

1. Теория химического строения органических соединений ..	3
1.1. Возникновение теории химического строения органических соединений. Основные положения теории, ее значение	3
1.2. Изомерия	5
1.3. Электронная природа химических связей в органических соединениях.....	7
2. Углеводород.....	8
2.1. Предельные углеводороды, их строение и свойства. Применение углеводородов ..	8
2.2. Непредельные углеводороды.....	12
2.2.1. Этиленовые углеводороды (алкены). Их строение и свойства. Получение и применение	12
2.2.2. Общие понятия химии высокомолекулярных соединений. Полиэтилен	15
2.2.3. Понятие о диеновых углеводородах.....	17
2.2.4. Природный и синтетический каучуки	18
2.2.5. Понятие об искусственных волокнах.....	19
2.2.6. Ацетилен, его строение, свойства. Получение и применение ацетилена.....	20
2.3. Ароматические углеводороды (арены). Бензол.	
2.4. Понятие о взаимном влиянии атомов.....	23
2.5. Природные источники углеводородов: нефть, природный и попутные нефтяные газы, уголь	27
3.0. Кислородсодержащие органические соединения.....	29
3.1. Строение и свойства одноатомных спиртов. Промышленный синтез этанола и его применение. Особенности глицерина	29
3.2. Фенол, его строение, свойства, применение. Взаимное влияние атомов в молекуле	34
3.3. Альдегиды, их строение и свойства. Получение и применение муравьиного и уксусного альдегидов	36
3.4. Карбоновые кислоты, их строение и свойства: Отдельные представители кислот.....	40
3.5. Сложные эфиры. Их строение, свойства, получение. Жиры	44
3.6. Углеводы.....	48
3.6.1. Глюкоза, ее строение, химические свойства, роль в природе.....	48
3.6.2. Сахароза.....	51
3.6.3. Крахмал и целлюлоза, их строение, свойства, применение	52
4. Азотсодержащие органические соединения	
4.1. Амины. Анилин	55
4.2. Аминокислоты, их строение, химические особенности. Синтетическое волокно капрон	58
4.3. Белки. Их строение, биологическая роль	62