

## Основные классы органических соединений

Для классификации органических соединений по типам и построения их названий в молекулах выделяют *углеродный скелет* и *функциональные группы*.

Органические соединения могут иметь открытую и замкнутую цепи и соответственно называются *ациклическими* (алифатическими) и *циклическими* соединениями. Ациклические соединения с одинарными (не кратными) связями между атомами углерода называют *предельными*, а с двойными или тройными связями между атомами углерода – *непредельными* соединениями. Циклические соединения в свою очередь подразделяются на *карбоциклические* и *гетероциклические* соединения (содержащие в цикле не углеродные атомы: N, O, S, P).

В состав органических соединений могут входить также кремний, металлы и другие элементы. Такие соединения называются *элементарорганическими*, а соединения, содержащие металлы, называются *металлорганическими*.

Классификацию углеводородов можно представить в виде следующей схемы:



В соответствии с международной систематической номенклатурой названия органических соединений строятся из названия главной цепи, образующего корень слова, и названий заместителей, используемых в качестве приставок или суффиксов. Число углеродных атомов в цепи (кольце) обозначают греческими числительными. С помощью суффиксов или

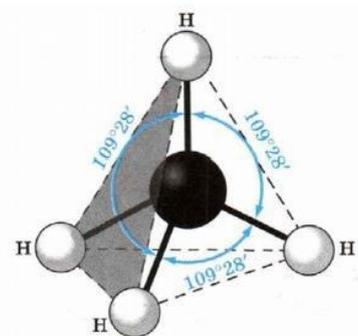
префиксов обозначают классы соединения. Например, суффикс **-ан** входит в названия предельных соединений (пропан - C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>), **-ен** - соединений с двойной связью, **-ин** - соединений с тройной связью в основной цепи, **-ол** - спиртов, префикс - **цикло** - циклических соединений. *Функциональные группы определяют свойства органических соединений и позволяют разделить их по классам.*

**Таблица 1.** Важнейшие функциональные группы органических соединений

Функциональная группа	Название	Классы соединений
-F, -Cl, -Br, -I	Галоген	Галогенпроизводные
-OH	Гидроксил	Спирты, фенолы
>C=O	Карбонил	Альдегиды, кетоны
-COOH	Карбоксил	Карбоновые кислоты
-NO <sub>2</sub>	Нитрогруппа	Нитросоединения
-NH <sub>2</sub>	Аминогруппа	Амины

**1. Алканы** - это предельные углеводороды ациклического строения. Их называют также парафинами от латинского сочетания *parum affinitas*, что означает «мало сродства». Формула гомологического ряда алканов C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub>.

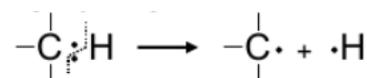
**Строение алканов.** Простейшим представителем ряда алканов и, конечно, одним из простейших органических соединений является метан CH<sub>4</sub>. Каждый из четырех атомов водорода в метане связан с атомом углерода ковалентной σ-связью за счет общей электронной пары. Электронные орбитали атомов углерода находятся в состоянии sp<sup>3</sup> – гибридизации. Гибридные орбитали, а, значит, и связи каждого атома углерода направлены к вершинам тетраэдра. Валентный угол в молекуле метана и его гомологов составляет 109°28'.



Вокруг одинарной углерод-углеродной связи возможно практически свободное вращение, и молекулы алканов могут приобретать самую разнообразную форму. Длина связи составляет 0,154 нм. Молекулы имеют

зигзагообразную форму с углами при атомах углерода, близкими к тетраэдрическому ( $109^{\circ}28'$ ). Углеродный скелет молекул алканов может иметь как нормальное, так и разветвленное строение. В молекулах гомологов метана различают первичные, вторичные, третичные и четвертичные атомы углерода по числу связей с другими атомами углерода.

Связи С-С в молекулах алканов являются ковалентными неполярными, а связи С-Н – ковалентными полярными. Однако значения электроотрицательности атомов углерода и водорода близки и равны соответственно 2,5 и 2,1 по Полингу. Поэтому по свойствам С-Н близка к неполярной и проявляет склонность гомолитическому разрыву с образованием свободных радикалов:



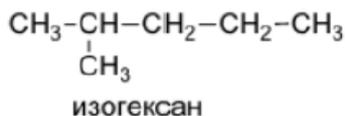
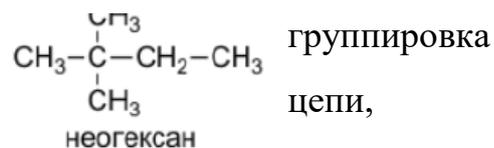
**Номенклатура алканов.** Первые четыре алкана названы – метан, этан, пропан и бутан. Эти названия, наряду с названиями изобутан, неопентан, считаются случайными, или тривиальными. Начиная с пятого члена ряда, названия алканов происходят от названия греческих числительных, обозначающих число атомов углерода в молекуле с добавлением общего для всего гомологического ряда алканов окончания *-ан*.

**Таблица 2.** – Гомологический ряд алканов и алкильных радикалов

состав алкана	название	алкильный радикал	название радикала
CH <sub>4</sub>	метан	CH <sub>3</sub>	метил
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	этан	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	этил
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	пропан	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub>	пропил
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	бутан	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub>	бутил
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	пентан	C <sub>5</sub> H <sub>11</sub>	амил
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	гексан	C <sub>6</sub> H <sub>13</sub>	гексил
C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	гептан	C <sub>7</sub> H <sub>15</sub>	гептил
C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	октан	C <sub>8</sub> H <sub>17</sub>	октил
C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	нонан	C <sub>9</sub> H <sub>19</sub>	нонил
C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	декан	C <sub>10</sub> H <sub>21</sub>	децил

Приставка *n-* (*n*-пентан) используется для обозначения неразветвленных алканов независимо от величины; приставка *изо* – для алканов с шестью или

менее атомами углерода, имеющих только одну метильную группу у второго по счету атома углерода, например, изогексан. Приставка нео- используется, если в составе молекулы присутствует  $(\text{CH}_3)_3\text{C}$ – на конце неразветвленной прямой цепи, например, неогексан.



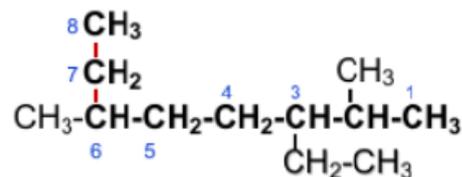
Для составления названий разветвленных алканов по ИЮПАК существует ряд правил.

1. За основу названия данного соединения берут название углеводорода, соответствующего числу атомов углерода главной цепи. Главной цепью углеводорода считают: а) самую длинную и б) самую сложную, т.е. имеющую наибольшее число разветвлений.

2. Нумеруют атомы углерода главной цепи, начиная с того конца, где ближе разветвление (радикал), чтобы сумма цифр, указывающая положение заместителей, была минимальной.

3. Формулируют название алкана. Для этого перечисляют заместители в алфавитном порядке, (например, сначала метил-, затем этил-), указывая перед каждым заместителем номер атома углерода основной цепи, к которому он прикреплен, и добавляют название основной цепи.

4. Если одна и та же алкильная группа встречается более одного раза, то перед названием ставят приставку, соответствующую числу групп ди-, три-, тетра-, пента- и т.д., цифрами обозначают положение групп в основной цепи. Если при одном атоме углерода находятся два заместителя, его номер повторяют дважды.



*Пример:* 2,6-диметил-3-этилоктан

**Физические свойства алканов.** В гомологическом ряду алканов температуры плавления и кипения увеличиваются с ростом молекулярной массы веществ. Метан, этан, пропан и бутан – газы без цвета и запаха.

Алканы с числом атомов углерода от 5 до 15 при обычных условиях бесцветные жидкости, имеющие запах бензина или керосина; начиная с углеводорода  $C_{16}H_{34}$  – твердые, белые, воскоподобные вещества, лишенные запаха из-за их малой летучести. Алканы практически нерастворимы в воде, но хорошо растворяются в неполярных органических растворителях, например, в бензоле. Плотность жидких алканов немного меньше, чем у воды.

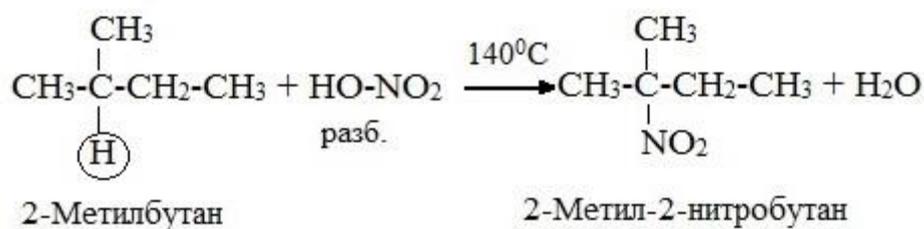
**Химические свойства алканов.** М.И. Коновалов назвал предельные углеводороды «химическими мертвецами». Действительно, в обычных условиях алканы не реагируют с концентрированными кислотами (серная и азотная) и щелочами и устойчивы к действию сильных окислителей (перманганат калия, хромовая смесь).

Поскольку в алканах связи C–C неполярные, а C–H-связи слабо полярные, то для них наиболее характерны реакции радикального замещения атомов водорода на другие атомы или группы атомов, протекающие в довольно жестких условиях – при УФ-освещении или сильном нагревании. При высоких температурах могут протекать реакции с разрывом связей C–C, а также дегидрирование и ароматизация. Наконец, как и для большинства органических веществ, алканы могут вступать в реакции горения и каталитического окисления.

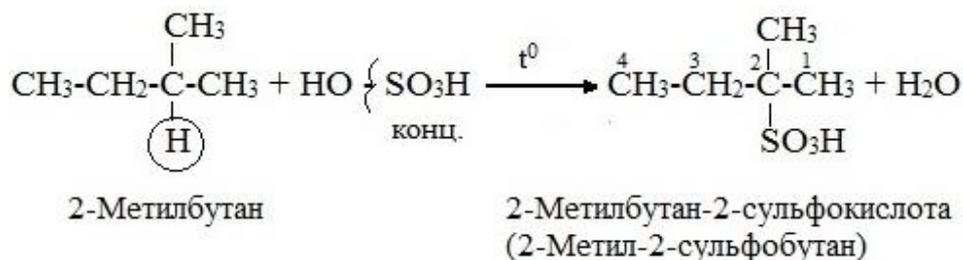
1. Взаимодействие с галогенами или галогенирование (например, реакция хлорирования):  $CH_4 + Cl_2 + h\nu \rightarrow CH_3Cl$ .

Реакция протекает по радикальному механизму с участием радикалов хлора, которые образуются на свету (под действием солнечного света, УФ-излучения или сильного нагревания до 300-500°C), до полного замещения атомов водорода.

2. Взаимодействие с азотной кислотой (реакция нитрования по Коновалову) происходит при нагревании алканов с разбавленной азотной кислотой. В первую очередь замещается атом водорода у третичного атома углерода, затем - у вторичного, и в последнюю очередь – у первичного.

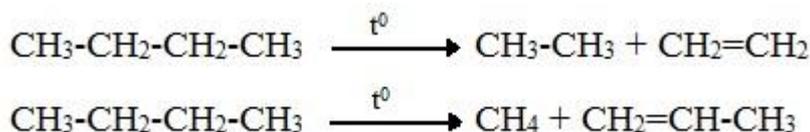


Аналогично происходит реакция сульфирования под действием серной кислоты.



### 3. Термические превращения алканов.

При нагревании алканов до высоких температур *без доступа воздуха* в присутствии катализаторов протекают реакции, сопровождающиеся разрывом связи С-С (крекинг, изомеризация). Термический крекинг (пиролиз) осуществляется при температуре 450-700<sup>0</sup>С, при этом образуется смесь алканов и алкенов с меньшим числом углеродных атомов.



**Каталитический крекинг** проводят в присутствии катализаторов (обычно оксидов алюминия и кремния) при температуре 500<sup>0</sup>С и атмосферном давлении. При этом с разрывом молекул происходят реакции изомеризации и дегидрирования, приводящие к получению алкенов, алкадиенов и ароматических углеводородов., например:



окисления кислородом воздуха в присутствии катализаторов ( $\text{MnO}_2$ ) получают уксусную кислоту.

При *мягком* окислении метана кислородом воздуха в присутствии катализаторов могут быть получены метиловый спирт, формальдегид и муравьиная кислота. Высшие алканы ( $n > 25$ ) под действием кислорода воздуха в жидкой фазе в присутствии солей марганца превращаются в смесь карбоновых кислот со средней длиной цепи  $\text{C}_{12}$ - $\text{C}_{18}$ , которые используются для получения моющих средств и поверхностно-активных веществ.

### ***Важнейшие области применения алканов***

Главными природными источниками алканов являются нефть, природный газ и каменный уголь. В нефти содержится от 30 до 90 % углеводородов, в природном газе – до 98 % низших гомологов и в первую очередь метана. Нефть содержит алканы от  $\text{C}_5\text{H}_{12}$  до  $\text{C}_{30}\text{H}_{62}$  нормального и разветвленного строения. Высшие гомологи с числом атомов углерода от 20 до 30 входят в состав восковых оболочек семян и листьев, а также пчелиного воска.

Алканы являются не только простым и относительно дешевым топливом, но и исходным сырьем для крупнотоннажного производства важных органических соединений.

При разгонке нефти получают несколько фракций: бензин (т. кип. 40–180°C;  $\text{C}_6$ – $\text{C}_{10}$ ), керосин (т. кип. 180–230°C;  $\text{C}_{11}$ – $\text{C}_{12}$ ), дизельное топливо (т. кип. 230–305°C;  $\text{C}_{13}$ – $\text{C}_{17}$ ), мазут, из которого перегонкой под уменьшенным давлением или с водяным паром получают солярное масло (углеводороды  $\text{C}_{18}$ – $\text{C}_{25}$ ), и смазочные масла (углеводороды  $\text{C}_{28}$ – $\text{C}_{38}$ ), вазелин, твердый парафин.

Высшие фракции разгонки нефти подвергают крекингу для получения высокосортных бензинов. Кроме того, получают алкены – этилен, пропиен, бутены – важнейшее сырье для химической промышленности.

Парафин применяется для изготовления свечей, пропитки спичек и упаковочной бумаги, для тепловых процедур в медицине и т.д. Нормальные



**4. Ароматические углеводороды.** Это планарные (плоские) циклические соединения, у которых образуется единая сопряженная система электронов. Типичным представителем ароматических углеводородов является бензол. Все связи между атомами углерода в бензоле равноценны, по энергии и длине они занимают промежуточное положение между ординарными и двойными связями. Поэтому бензол и его гомологи достаточно устойчивы, реакции их окисления и присоединения протекают с трудом. Для ароматических углеводородов характерна реакция электрофильного замещения водорода на другие атомы или группы атомов, например, водород можно также заменить на атомы галогенов, сульфогруппы -  $\text{SO}_3\text{H}$ , гидроксигруппу -  $\text{OH}$ , алкильные радикалы. В результате реакции замещения образуются соединения, в названия которых входит название радикала фенила -  $\text{C}_6\text{H}_5$ . Ароматические радикалы называют арильными (Ar).

Наряду с моноциклическими существуют полициклические ароматические углеводороды, например:



Все ПАУ весьма токсичны, а некоторые из них, особенно бенз(а)пирен, канцерогены. ПДК в воздухе для БП составляет всего  $10^{-9}$  г/м<sup>3</sup>. ПАУ попадают в воздух в основном из выхлопов автомобилей и выбросов коксохимических производств. Есть ПАУ и в сигаретном дыме.