

Классификация и номенклатура органических соединений (общие принципы)

Итак, органических соединений существует очень много. Они могут содержать только углерод и водород, а могут включать в себя группировки из других атомов. Атомы углерода могут соединяться между собой простыми (одинарными), или кратными – двойными и тройными связями. Цепочка из нескольких атомов углерода может даже замкнуться в цикл.

Для того, чтобы разобраться во всем множестве органических веществ, необходима их четкая классификация. Но систематизировать вещества можно по-разному. Что это значит? Например, коллекционер делит марки на группы, объединенные по какому-либо общему принципу: отдельно – изображения животных, отдельно – самолетов и т. д. Однако за основу своей классификации он может взять и любой другой принцип, например, разложить марки по странам, в которых они изданы, или по году выпуска, или по их стоимости. В результате получаются по-разному организованные коллекции, но ни одна классификация не хуже другой. Просто, в зависимости от целей коллекционера, одна из них может быть удобнее.

Органические вещества тоже можно систематизировать разными способами. Существует классификация органических веществ по их молярной массе. Так, соединения, молярная масса которых выше нескольких тысяч г/моль, называются **высокомолекулярными** соединениями (ВМС). Все соединения с меньшей молярной массой – это низкомолекулярные соединения. Соединения с высокой молярной массой обладают многими особыми, только для них характерными свойствами.

Органические соединения классифицируют еще по их **составу**. Вещества, состоящие только из углерода и водорода, называются *углеводородами*. Если в составе молекулы, помимо С и Н, присутствует кислород, то это

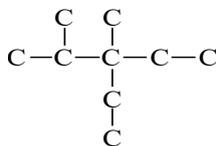
кислородсодержащее органическое соединение, азот – *азотсодержащее*. Существуют фосфорорганические, сероорганические соединения и т. д. Но такая классификация явно недостаточна. В одну и ту же группу кислородсодержащих соединений попадут вещества с такими разными свойствами как, например, уксусная кислота, винный спирт, сахар и целлюлоза (вата или бумага).

Мы знаем, что свойства вещества определяются его строением. Поэтому наиболее удобна классификация органических веществ по их **строению**. Вещества с похожими свойствами попадут в одни и те же **классы** – это группы веществ, сходных по своему строению и химическим свойствам.

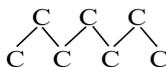
Последовательность химически связанных атомов углерода в молекуле составляет ее *углеродный скелет*. Это основа органического соединения. Поэтому первым признаком классификации соединения является его классификация *по скелету*. Скелет может быть *неразветвленным*, то есть все атомы углерода расположены в ряд, и *разветвленным*:



Неразветвленный скелет



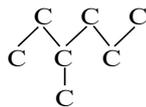
разветвленный скелет



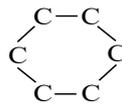
Иногда неразветвленный скелет называют линейным, однако, следует помнить, что структурные формулы, которыми мы чаще всего пользуемся, передают лишь порядок связи, а не реальное расположение атомов в пространстве. На самом деле, угол между двумя простыми связями у атома углерода тупой и составляет $109^{\circ}28'$. То есть, «линейная» углеродная цепь имеет в действительности зигзагообразную форму.

Более того, атомы вращаются вокруг связей. В результате этого вращения неразветвленная углеродная цепь может закручиваться в пространстве различными способами.

Скелет молекулы может быть ациклическим (атомы углерода не связаны в цикл) и циклическим:



ациклический скелет



циклический скелет

Кроме углерода скелет молекулы может включать другие атомы, образующие две или более связи с атомами углерода, например, О, S, N. Так, в винном спирте $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}$ атом кислорода не включен, а в диметиловом эфире $\text{CH}_3-\text{O}-\text{CH}_3$ включен в скелет молекулы. Такой скелет, в который, кроме атомов углерода входят другие атомы, называется *гетероатомным*, (приставка *гетеро-* по-латыни означает разный). Если другие атомы входят в состав цикла, то такое соединение называется *гетероциклическим*. Гетероциклические соединения широко распространены в природе и имеют огромное значение для жизнедеятельности растений и животных. Так, хлорофилл, с помощью которого растения связывают углекислый газ и выделяют кислород в атмосферу, – это гетероциклическое соединение, и нуклеиновые кислоты, ответственные за передачу наследственной информации в нашем организме, содержат в своем составе гетероциклы.

Следующим классификационным признаком является наличие в молекуле **кратных связей**. Органические вещества, содержащие только простые связи, называются предельными. Предельные углеводороды соответствуют общей формуле C_nH_{2n+2} . Вещества, содержащие двойные или тройные связи, являются *непредельными*, на один атом углерода в их молекулах содержится меньшее число атомов водорода, чем у предельных органических соединений.

Как уже говорилось, органические вещества – это углеводороды и их производные. Производные углеводородов образуются при замещении атома водорода на какой-либо другой атом или группировку атомов. Такой атом или группировка атомов во многом определяет свойства вещества и поэтому называется *функциональной группой*. Кратные связи и функциональные группы определяют *класс* соединения. *Вещества, обладающие одинаковыми функциональными группами и (или) одинаковым набором кратных связей, имеют общие свойства и относятся к одному классу.*

Так, вещества, содержащие кратные связи, образуют класс близких по свойствам соединений: соединения с двойной связью имеют общее название *алкены*, с тройной – *алкины*. Соединения, не содержащие ни кратных связей, ни функциональных групп, также составляют отдельный класс органических веществ. Это – предельные углеводороды, или *алканы*.

Мы уже упоминали производные углеводородов с функциональной группой –ОН. Такая группа называется гидроксильной, а эти соединения относятся к классу спиртов: CH_3OH – древесный спирт, C_2H_5OH – винный спирт и т. д.

Органические соединения могут включать не одну, а несколько разных функциональных групп, то есть относиться одновременно к нескольким классам соединений, иногда их даже выделяют в отдельные классы. Примером такого класса соединений служит очень важный для нашей жизнедеятельности класс углеводов, наиболее знаком нам представитель этого класса сахароза.

Итак, органические вещества классифицируют по нескольким признакам

- по молекулярной массе: низко- и высокомолекулярные соединения;
- по составу: углеводороды, кислородсодержащие, азотсодержащие соединения и т. п.;
- по типу скелета: линейные, разветвленные и циклические соединения с углеродным или гетероатомным скелетом;
- по наличию кратных связей и функциональных групп. Соединения, содержащие одинаковые кратные связи и функциональные группы обладают похожими свойствами и относятся к одним и тем же классам органических соединений.

Ученые, выделив или синтезировав какое-либо новое вещество, конечно же, дают ему название. Вы встретили уже достаточно много названий различных органических веществ. Некоторые названия, например, спирт и эфир, пришли к нам еще от алхимиков, очень многие вещества получили свои имена в девятнадцатом веке. Ученые называли полученные ими вещества, как хотели. Некоторые названия прямо указывают, из чего было впервые выделено данное вещество: винный спирт, гераниол, яблочная, шавелевая, муравьиная кислоты и т. д. Другие – отражают способ получения вещества: серный эфир (при получении использовалась серная кислота), или имя впервые открывшего их ученого, например, углеводород Чичибабина. Существуют даже романтические названия. Так, барбитуровая кислота была названа профессором Байером в честь его возлюбленной Барбары.

Видимо, вы немного растерялись. Столько веществ, у каждого свое название. Как же их все запомнить? В таблице 1 перечислено пятнадцать веществ, каждое со своим названием. А всего известно несколько миллионов различных органических веществ, и каждому нужно дать имя. Для сравнения: словарь русского языка С. И. Ожегова содержит около 57 тысяч слов, а реально в нашей речи мы обходимся 3 – 5 тысячами слов.

С этой же проблемой столкнулись в конце прошлого века и химики. Для того чтобы ученые могли понимать друг друга, необходимо было договориться о правилах составления названий органических соединений. Название должно соответствовать структурной формуле соединения, так, чтобы, зная структурную формулу вещества можно было написать его название и наоборот, по названию составить структурную формулу вещества. Такие правила – номенклатура органических соединений – впервые были приняты в 1892 г. в Женеве. Однако сразу разработать удобную, лишенную недостатков номенклатуру практически невозможно, поэтому существует несколько различных номенклатур органических соединений. Мы будем пользоваться современной, самой удобной и общепринятой на сегодняшний день номенклатурой, разработанной комиссией Международного союза по чистой и прикладной химии (*IUPAC*).

По номенклатуре ИЮПАК первые три алкана имеют уже упоминавшиеся исторические названия: метан CH_4 , этан C_2H_6 и пропан C_3H_8 . Название бутан принадлежит соединению C_4H_{10} с неразветвленным углеродным скелетом. Названия неразветвленных алканов, содержащих пять и более атомов углерода в молекуле, происходят от греческих числительных. К корню, указывающему число углеродных атомов в молекуле, добавляется суффикс **-ан**. Чтобы научиться пользоваться номенклатурой органических соединений, необходимо запомнить названия неразветвленных углеводородов, содержащих до 10 атомов углерода в молекуле (см. Таблицу 1).

Таблица
Названия и физические свойства некоторых алканов

| Значение n в формуле C_nH_{2n+2} | Название вещества | Молекулярная формула | Структурная формула | Температура плавления °С | Температура кипения °С |
|--------------------------------------|-------------------|----------------------|---------------------|--------------------------|------------------------|
| 1 | Метан | CH_4 | CH_4 | -182 | -162 |
| 2 | Этан | C_2H_6 | CH_3-CH_3 | -183 | -89 |

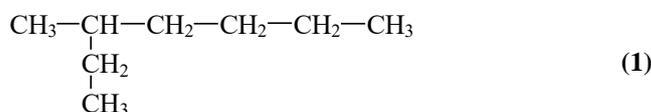
| | | | | | |
|----|--------------------------------------|---------------------------------|---|------|------|
| 3 | Пропан | C ₃ H ₈ | CH ₃ -CH ₂ -CH ₃ | -188 | -42 |
| 4 | Бутан | C ₄ H ₁₀ | CH ₃ -(CH ₂) ₂ -CH ₃ | -138 | -0,5 |
| 4 | Изобутан (2-метилпропан) | C ₄ H ₁₀ | (CH ₃) ₂ CH-CH ₃ | -160 | -12 |
| 5 | Пентан | C ₅ H ₁₂ | CH ₃ -(CH ₂) ₃ -CH ₃ | -130 | 36 |
| 5 | Изопентан (2-метилбутан) | C ₅ H ₁₂ | (CH ₃) ₂ CH-CH ₂ -CH ₃ | -160 | 28 |
| 5 | Неопентан (2,2- диметилпропан) | C ₅ H ₁₂ | $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \text{---} \text{C} \text{---} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ | -17 | 9 |
| 6 | Гексан | C ₆ H ₁₄ | CH ₃ -(CH ₂) ₄ -CH ₃ | -95 | 69 |
| 7 | Гептан | C ₇ H ₁₆ | CH ₃ -(CH ₂) ₅ -CH ₃ | -91 | 98 |
| 8 | Октан | C ₈ H ₁₈ | CH ₃ -(CH ₂) ₆ -CH ₃ | -57 | 126 |
| 9 | Нонан | C ₉ H ₂₀ | CH ₃ -(CH ₂) ₇ -CH ₃ | -51 | 151 |
| 10 | Декан | C ₁₀ H ₂₂ | CH ₃ -(CH ₂) ₈ -CH ₃ | -30 | 174 |
| 16 | Гексадекан | C ₁₆ H ₃₄ | CH ₃ -(CH ₂) ₁₄ -CH ₃ | 18 | 288 |
| 20 | Эйкозан | C ₂₀ H ₄₂ | CH ₃ -(CH ₂) ₁₈ -CH ₃ | 36,7 | 343 |

Обратите внимание на то, что названия всех предельных углеводородов оканчиваются на суффикс *-ан*. Суффикс *-ан* в названии означает, что вещество принадлежит к классу алканов. При обозначении других классов органических соединений суффиксы, а иногда и приставки, меняются.

Наличие в соединении двойной связи обозначается суффиксом *-ен*, а тройной – суффиксом *-ин*.

| Класс углеводородов | Суффикс в названии |
|---------------------|--------------------|
| алкан | <i>-ан</i> |
| алкен | <i>-ен</i> |
| алкин | <i>-ин</i> |

В основе названия любого разветвленного алкана лежит название алкана с неразветвленной цепью. При этом представляют, что углеродный скелет молекулы состоит из основной цепи, от которой отходят цепи боковые. В случае алканов основной всегда считают самую длинную, то есть состоящую из наибольшего числа атомов углерода, цепь. Например, в таком соединении:



основной является цепь из семи атомов углерода, выделенная на рисунке А. Цепь, обведенная в рамочку на рисунке Б – не главная, поскольку содержит всего шесть атомов углерода.

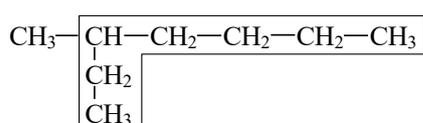


Рис. А

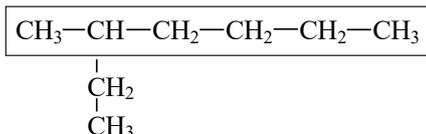
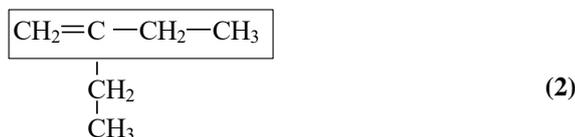


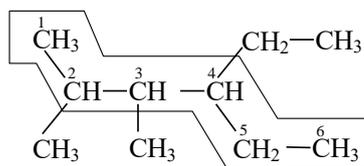
Рис. Б

Для алкенов и алкинов основной всегда считают цепь, содержащую кратную связь. Пример, когда главная цепь – не самая длинная, иллюстрирует формула (2):



В основе названия лежит название неразветвленного углеводорода, содержащего столько же атомов углерода, сколько содержит основная цепь соединения. В данном случае основа названия вещества – гептан (основная цепь содержит 7 атомов углерода).

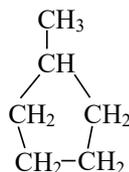
Теперь в названии необходимо отразить наличие ответвлений. Для этого атомы углерода основной цепи нумеруют, присваивая им порядковые номера. Сделать это можно двумя способами – с одного и другого конца цепи. Нумерацию для алканов начинают так, чтобы номера тех атомов углерода, от которых отходит ответвление, были как можно меньше, а для соединений с кратной связью – так, чтобы эта связь получила наименьший номер. В примере (1) разветвление находится в третьем положении углеродной цепи:



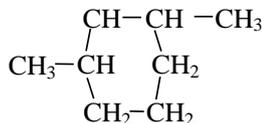
В молекуле оказалось два одинаковых заместителя метила (CH_3), содержащих по одному атому углерода, их обозначим диметил. В названии необходимо через запятую перечислить номера боковых цепей: 2,3-диметил. Кроме того, к атому углерода с номером 4 присоединена группа C_2H_5 -, которая называется этил. Поэтому полное название данного вещества: 2,3-диметил-4-этил-гексан.

Для обозначения соединений класса циклоалканов используют суффикс *-ан* и приставку *цикло-*. В качестве основной цепи выбирают цикл и нумерацию ведут по кругу.

Так, например, такое соединение:



называют метилциклопентан. Если заместитель в цикле один, то нумерация не нужна. Если же боковых цепей несколько, то одной из них всегда присваивают номер 1, а нумерацию ведут в таком направлении, чтобы сумма номеров у заместителей была наименьшей. Так, неправильно назвать следующее соединение 1-метил-5-этилциклогексан.



Верно составленное название – *1-метил-3-этилциклогексан*.

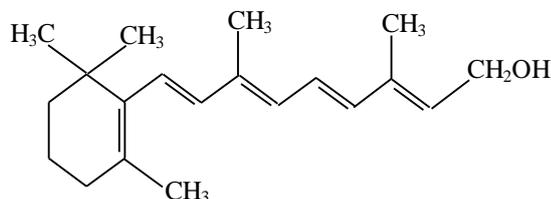
Несмотря на то, что существует точная и удобная номенклатура ИЮПАК, до сих пор очень часто применяют названия, возникшие исторически (тривиальные названия) или пришедшие из старых номенклатур. Обычно тривиальные названия имеют вещества, которые давно известны и часто используются в быту, медицине, промышленности. Вряд ли кто-нибудь уксусную кислоту станет называть этановой кислотой, хотя по номенклатуре ИЮПАК правильно именно это название. 2,2,4-триметилпентан, входящий в состав бензина, обычно в технике называют изооктаном. Хотя это название и неправильно с точки зрения номенклатуры ИЮПАК, но зато привычно.

Таких примеров можно привести много. Однако есть и еще одна причина, по которой химики не только сохраняют, но и придумывают новые тривиальные названия для многих веществ. Дело в том, что многие названия, составленные по правилам, часто оказываются очень длинными и труднопроизносимыми. Попробуйте, например, произнести такое слово:

9-(2,6,6-триметилциклогексен-1-ил)-3,7-диметил-нонате-2,4,6,8-ол-1.

Видимо, даже прочесть его не всем удастся с первого раза. А медикам приходится называть это вещество довольно часто. Поэтому они используют историческое название – витамин А (или ретинол).

Структурная формула витамина А:



Вот почему, изучая органическую химию, вам придется запоминать тривиальные названия некоторых широко применяющихся в быту и медицине соединений.