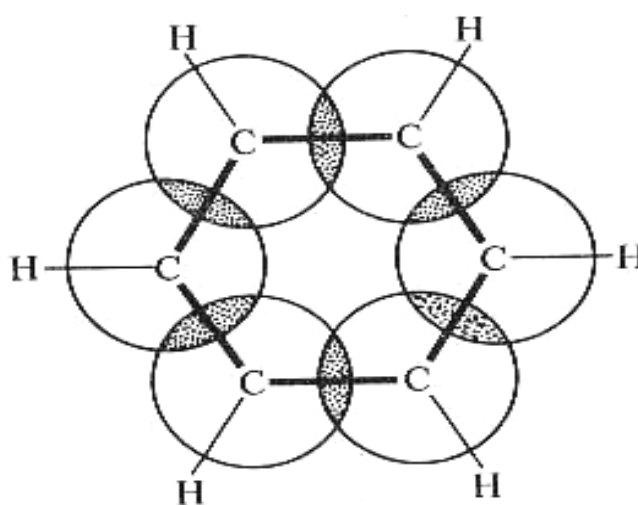
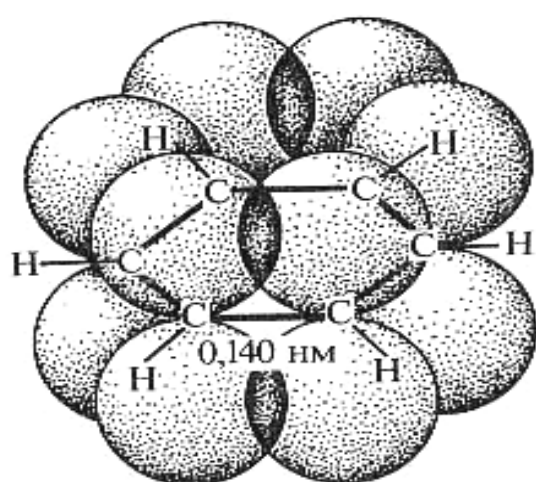


А.Н. Девятловская

# ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ И ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ



Красноярск 2013

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный технологический  
университет»

Лесосибирский филиал

А. Н. Девятловская

## **ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ И ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ**

Утверждено редакционно – издательским советом СибГТУ в качестве  
сборника контрольных заданий для студентов специальности  
250403.65 «Технология деревообработки» и  
направления 250400.62 «Технология лесозаготовительных и  
деревоперерабатывающих производств» заочной формы обучения

Красноярск 2013

**УДК 547**

**ББК**

Девятловская, А. Н. Органическая химия и высокомолекулярные соединения: сборник контрольных заданий для студентов специальности 250403.65 «Технология деревообработки» и направления 250400.62 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» заочной формы обучения / А.Н. Девятловская. – Красноярск: СибГТУ, 2013. – 100 с.

Сборник контрольных заданий составлен для студентов на основе учебной рабочей программы по дисциплине «Органическая химия и высокомолекулярные соединения» специальности 250403.65, направления 250400.62. Предназначен для развития навыков самостоятельной работы с лекционным материалом и учебно-справочной литературой. Сборник содержит теоретический материал по разделам дисциплины, контрольные вопросы по каждой теме. Предложены темы контрольных работ, рекомендована основная и дополнительная литература.

Рецензенты: доцент С.И. Левченко (научно-методический совет СибГТУ), канд. пед. наук, доц. С. А. Осяк (Лесосибирский педагогический институт – филиал Сибирского федерального университета).

©Девятловская А. Н., 2013

© ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный

технологический университет», Лесосибирский филиал, 2013.

## **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время актуальность изучения курса «Органическая химия и высокомолекулярные соединения» приобретает важное значение в связи с комплексным использованием древесины, а эта проблема возможна лишь на основе глубокого изучения химических процессов, протекающих при переработке древесины. Поэтому возникла необходимость в подготовке инженеров, обладающих знаниями по строению, составу и химическим свойствам органических веществ и древесины, а также основные особенности получения полимеров и свойства синтетических смол. Интенсификация производственной деятельности выделяет такие проблемы, как вопросы охраны окружающей среды и соблюдение экологических требований в новых технологических процессах, создание безотходных технологий.

Особое место дисциплины в профессиональной подготовке обусловлено включением курса в структуру учебного плана, в цикл общих математических и естественнонаучных дисциплин, национального компонента по специальности 250403.65 «Технология деревопереработки» и направления 250400.62 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств».

В соответствии с учебным планом курс «Органическая химия и высокомолекулярные соединения» для студентов специальности 250403.65 включает 150 часов, из них на самостоятельную работу студентов отведено 126 часов. Для направления 250400.62 курс общим объемом 144 часа, из них на самостоятельную работу – 80 часов.

### **Задачи методических указаний:**

- определить конкретный круг вопросов и последовательность их изучения по каждой теме курса;

- определить литературные источники, необходимые для самостоятельного изучения курса;
- изложить методику выполнения контрольной работы.

В соответствии с учебными планами по данной дисциплине студенты выполняют контрольную работу. Контрольная работа способствует закреплению теоретических знаний и углубленному изучению химических свойств органических веществ и свойств древесины, проведению химического эксперимента по основным разделам курса.

**Цель контрольной работы:**

- углубление и систематизация знаний по применению химических веществ в зависимости от особенностей химического строения, превращений для решения конкретных задач в технологической практике;
- практическое использование современных технологий в производстве лесозаготовительной и деревоперерабатывающей промышленности.

Контрольная работа по курсу «Органическая химия и высокомолекулярные соединения» выполняется после установочной лекции и предоставляется для проверки на кафедру фундаментальной подготовки Лесосибирского филиала СибГТУ до начала сессии.

Итоговой формой контроля знаний студентов специальности 250403.65 является экзамен в V семестре, направления 250400.62 – экзамен в III семестре. К экзамену по «Органической химии и высокомолекулярным соединениям» допускаются студенты, защитившие контрольную работу. При необходимости контрольная работа может быть возвращена студенту на доработку.

# 1 СОДЕРЖАНИЕ КУРСА ДИСЦИПЛИНЫ

## 1.1 Углеводороды. Предельные или насыщенные углеводороды

*Углеводороды – наиболее простые органические соединения, в состав которых входят только углерод и водород.* Заменяя в этих соединениях атомы водорода на другие атомы или функциональные группы, можно получить различные многочисленные производные углеводородов – практически все известные классы органических соединений.

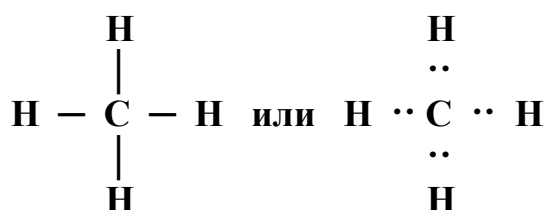
Все алифатические углеводороды можно разделить по характеру связей между атомами углерода на две большие группы: предельные (насыщенные) и непредельные (ненасыщенные) углеводороды.

*Алканы или парафины - алифатические предельные углеводороды, в молекулах которых атомы углерода связаны между собой простой (одинарной)  $\sigma$ -связью.*

Атом углерода в предельных углеводородах находится в первом валентном состоянии ( $sp^3$  – гибридизация). Это значит, что углеродные атомы в алканах полностью насыщены водородом, т.е. все их единицы валентности, не затраченные на связь с другими атомами углерода, соединены с атомами водорода.

Простейшим представителям и родоначальником предельных углеводородов является метан  $CH_4$ .

Строение молекулы метана можно представить структурной или электронной (октетной) формулой:



При  $sp^3$  – гибридизации углерода четыре его электронные орбитали, как известно, составляют между собой угол  $109^\circ 28'$ . Пространственное расположение атомов в молекуле метана показано рисунке 1.

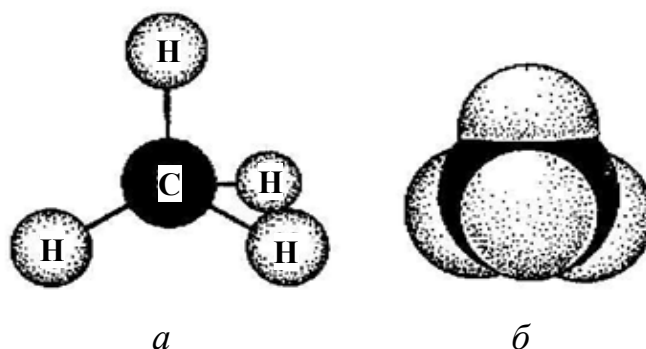
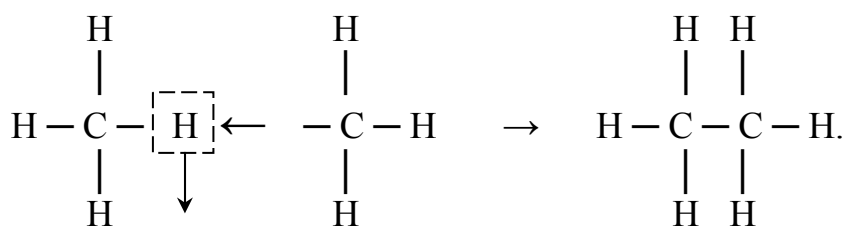


Рис. 1. Модели пространственного строения молекулы метана:  
*a* – шаростержневая; *б* – по Бриглебу

Заменяя атом водорода в молекуле метана на метильную группу  $CH_3$ , можно вывести структурную формулу следующего за метаном углеводорода – этана  $C_2H_6$  :



Пространственное строение молекулы этана показано на рисунке 2.

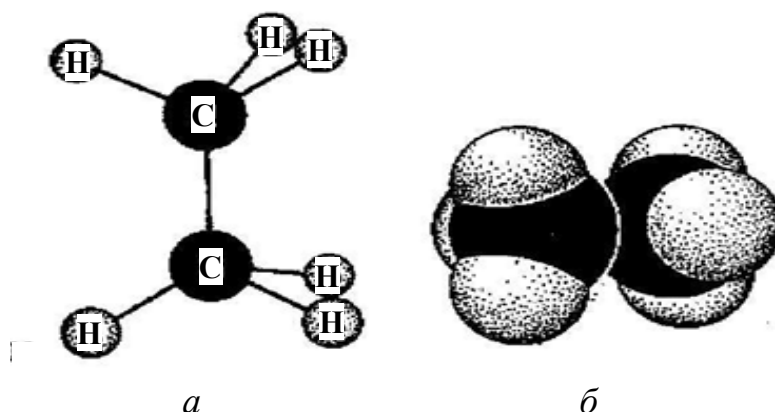


Рис. 2. Модели пространственного строения молекулы этана:  
*a* – стержневая; *б* – по Бриглебу

Все предельные углеводороды, или алканы, объединяют в ряд, руководствуясь при этом ростом числа углеродных атомов в этих углеводородах:

$\text{CH}_4$ – метан	$\text{C}_6\text{H}_{14}$ – гексан
$\text{C}_2\text{H}_6$ – этан	$\text{C}_7\text{H}_{16}$ – гептан
$\text{C}_3\text{H}_8$ – пропан	$\text{C}_8\text{H}_{18}$ – октан
$\text{C}_4\text{H}_{10}$ – бутан	$\text{C}_9\text{H}_{20}$ – нонан
$\text{C}_5\text{H}_{12}$ – пентан	$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$ – декан и т.д.

Сопоставляя между собой два любых ближайших представителя этого ряда, можно отметить, что они отличаются друг от друга по составу на одну  $\text{CH}_2$  – группу. Подобный ряд соединений, представители которого обладают близкими химическими свойствами и характеризуются закономерным изменением физических свойств, а по строению отличаются друг от друга на одну или несколько  $\text{CH}_2$ -групп, называется *гомологическим рядом* (от греческого *homos* – одинаковый, равный). Отдельные члены этого ряда называются *гомологами*.

Для гомологического ряда предельных углеводородов общая формула имеет вид  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ .

Если углеводород лишается одного (или нескольких) атома водорода, то образуется частица, называемая *углеводородным радикалом* (от лат. *radix* – корень) (не следует смешивать со свободным радикалом!). В зависимости от числа потерянных водородных атомов радикалы могут быть одно-, двух- и трехвалентными. Если в радикале свободная валентность находится у первичного атома углерода, то такой радикал называется *первичным*. Соответственно этому бывают *вторичные* (свободная валентность у вторичного атома углерода) и *третичные* (свободная валентность у третичного углеродного атома) радикалы:



- CH<sub>3</sub> – первичный одновалентный радикал (метил);
- CH (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub> – вторичный одновалентный радикал (изопропил);
- C (CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub> – третичный одновалентный радикал (*трет*-бутил);
- $\text{>CH}_2$  – вторичный двухвалентный радикал (метилен).

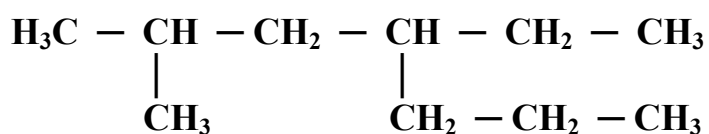
Одновалентные углеводородные радикалы называются алкилами. Названия радикалов строятся из названий соответствующих углеводородов с заменой суффикса –ан (характерного для названия предельных углеводородов) на –ил. Например, метан – метил, этан – этил, пропан – пропил и т.д. Названия двухвалентных радикалов (с двумя свободными валентностями у одного и того же атома углерода) производятся заменой суффикса –ан на –илиден (исключение – радикал метилен  $\text{>CH}_2$ ). Трехвалентные радикалы имеют суффикс –илидин (исключение – радикал метин  $\text{>CH}$ ).

Сокращенно радикалы обозначают R или Alk. Общая формула одновалентных радикалов C<sub>n</sub>H<sub>2n+1</sub>.

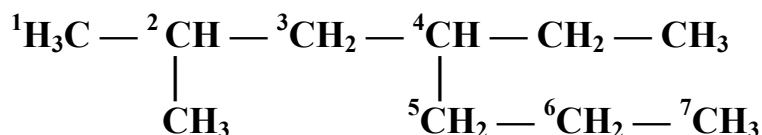
Названия первых четырех членов гомологического ряда метана тривиальные: метан, этан, пропан и бутан. Названия следующих гомологов, начиная с пятого, образуется сочетанием греческого числительного и суффикса –ан.

Чаще всего применяют систематическую номенклатуру органических соединений. Согласно ей названия углеводородов составляют следующим образом.

1. В молекуле углеводорода выбирают *главную цепь* – самую длинную, например:

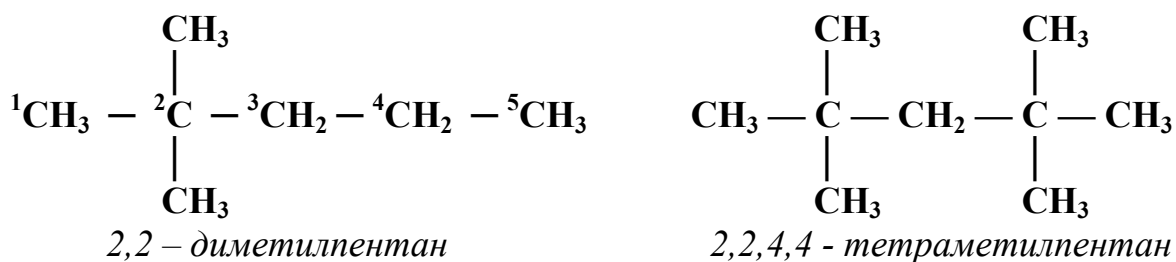


2. Затем эту цепь нумеруют с того конца, к которому ближе заместитель (радикал, имеющий меньшее число углеродных атомов):

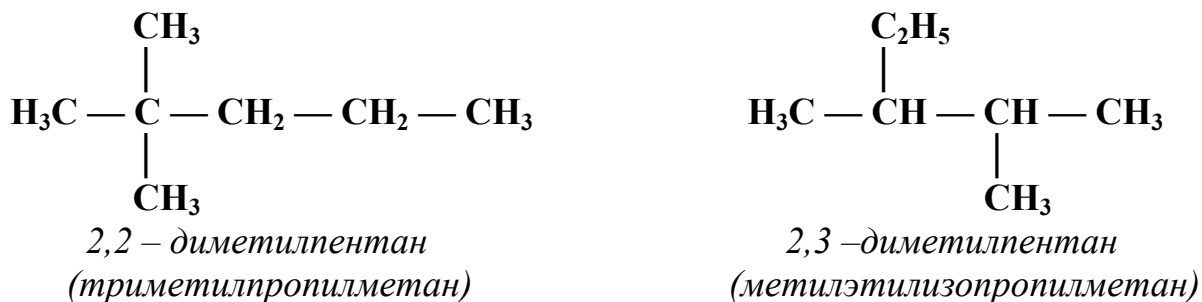


3. Углеводород называют в следующем порядке: вначале указывают (цифрой) место расположения заместителя, затем этот заместитель (радикал), а в конце добавляют название главной (самой длинной) цепи. Вышеприведенный углеводород может быть назван: 2-метил-4-этилгептан.

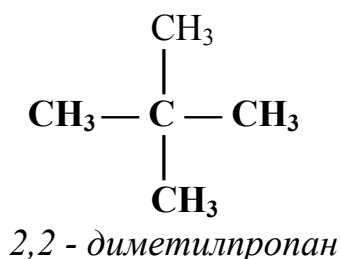
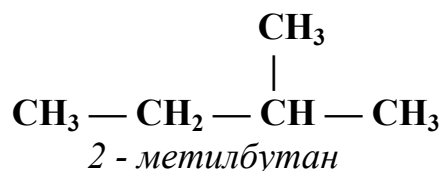
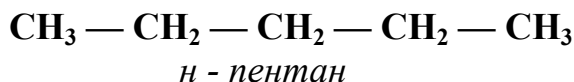
Если в главной цепи содержится несколько одинаковых заместителей, то их число обозначают греческим числительным (ди-, три-, тетра- и т.д.), которое ставят перед названием этих радикалов, а их положение указывают цифрой. Например:



По рациональной номенклатуре предельные углеводороды рассматриваются как производные метана, в молекуле которых один или несколько атомов водорода замещены на радикалы. Названия строят следующим образом. Называют по старшинству все заместители (указывая их количество, если они одинаковые) и основу названия – слово «метан». Приведем примеры углеводородов и назовем их по систематической и рациональной номенклатурам:



Молекулы бутана и изобутана, имея одинаковый состав, различаются химическим строением. Такие соединения называются *изомерами*. Такой вид изомерии называется *структурной изомерией*. Цепь молекулы пентана  $C_5H_{12}$  состоит из пяти атомов углерода.



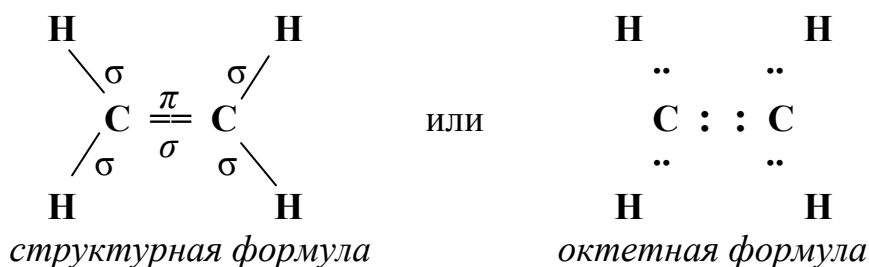
## 1.2 Непредельные углеводороды ряда этилена

*Алкенами или олефинами называют углеводороды, в молекулах которых между углеродными атомами имеется одна двойная связь.*

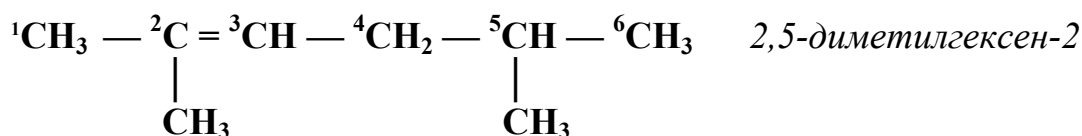
Непредельные углеводороды содержат в своей молекуле меньшее число водородных атомов, чем соответствующие им предельные углеводороды (с тем же числом углеродных атомов), поэтому их называют *ненасыщенными*.

Алкены, как и предельные углеводороды, образуют свой гомологический ряд с общей формулой  $C_nH_{2n}$ . Простейшим представителем этого ряда, его родоначальником, является *этилен*  $C_2H_4$ . По названию этого соединения непредельные углеводороды такого ряда называются также *этиленовыми*.

В молекуле этилена атомы углерода находятся во втором валентном состоянии ( $sp^2$ -гибридизация). В молекуле этилена имеется пять  $\sigma$ -связей (одна C—C- и четыре C—H-связи, образованные  $sp^2$ -гибридными орбиталями атома углерода) и одна  $\pi$ -связь (вторая C—C-связь, образованная негибридованным  $2p$ -орбиталями):



Согласно систематической номенклатуре названия этиленовых углеводородов производят из названий соответствующих алканов с заменой суффикса **–ан** на **–ен**. Например: алкан – алкен, этан – этен, пропан – пропен и т.д. главная цепь должна обязательно содержать двойную связь. Нумерацию этой цепи начинают с того конца, к которому ближе двойная связь. Цифру, обозначающую обозначение двойной связи, ставят после названия цепи, например пентен-1, пентен-2 и т.д. Остальной порядок составления названий такой же, как и в случае алканов:



Алкены простого строения часто называют, заменяя суффикс **–ан** в предельных углеводородах на **–илен**: этан – этилен, пропан – пропилен и т.д. Употребляют иногда и рациональные названия. В этом случае этиленовые углеводороды рассматривают как замещенные этилена:



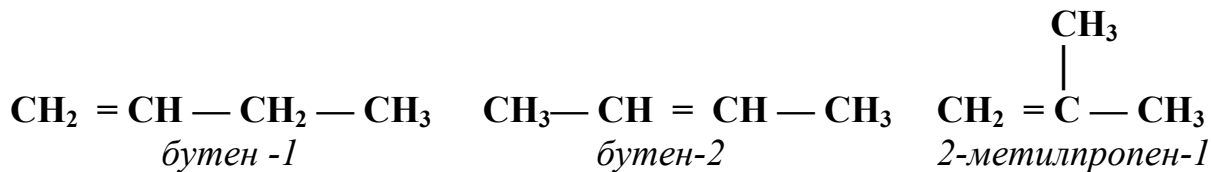
Непредельные углеводородные радикалы по систематической номенклатуре называют, добавляя к корню суффикс **–енил**: этенил

$\text{CH}_2 = \text{CH} -$ , пропенил-2  $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_2 -$ . Чаше для этих радикалов употребляют эмпирические названия – соответственно *винил* и *аллил*.

Кроме изомерии, связанной со строением углеродного скелета (как у алканов), появляется изомерия, зависящая от положения двойной связи в

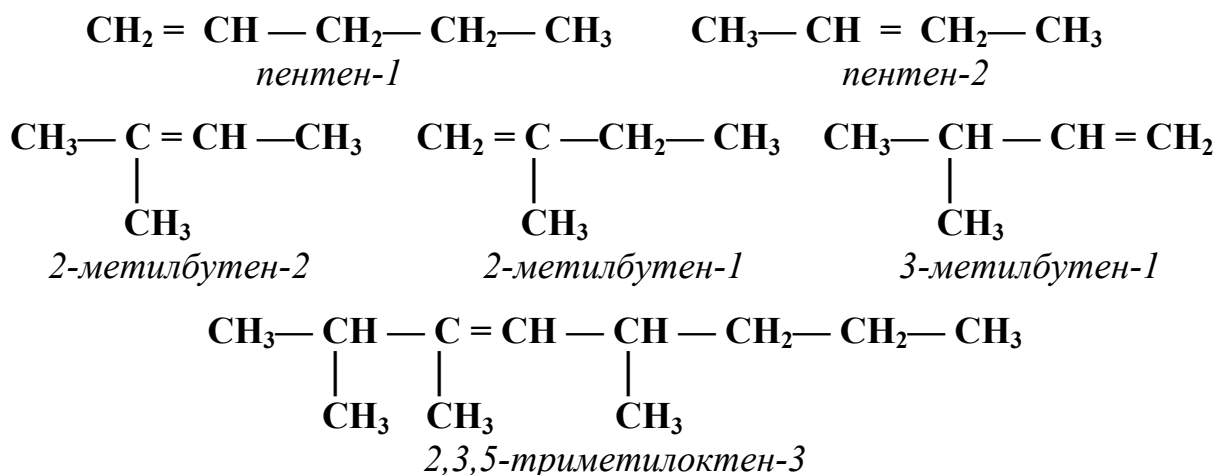
цепи. Все приводит к увеличению числа изомеров в ряду алкеновых углеводородов.

Для бутилена  $C_4H_8$  возможны три изомера:



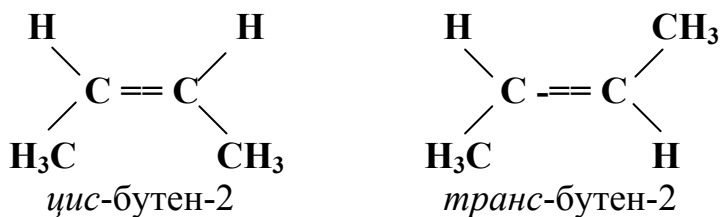
Первые два изомера отличаются положением двойной связи в неразветвленной цепи, а третий – характером цепи (изостроение).

Амилен  $C_5H_{10}$  имеет пять изомеров:



Однако в ряду этиленовых углеводородов помимо структурной изомерии возможен еще один вид изомерии – *цис-транс*-изомерия, характерный только для соединений с двойной связью. Геометрическая изомерия является одним из видов *пространственной изомерии*.

Изомеры, у которых одинаковые заместители расположены по одну сторону от двойной связи, называются *цис*-изомерами, а по разную – *транс*-изомерами:

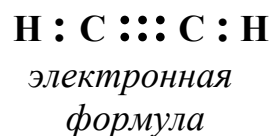
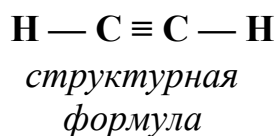


### 1.3 Непредельные углеводороды ряда ацетилена

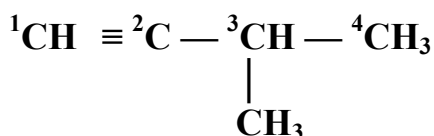
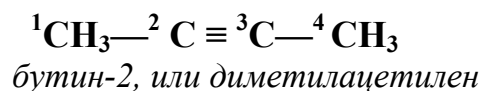
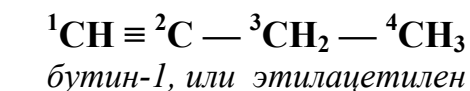
*Ненасыщенные углеводороды, содержащие в молекуле одну тройную связь, называются ацетиленовыми углеводородами или алкинами.* Общая формула таких соединений, как и у диеновых углеводородов,  $C_nH_{2n-2}$ .

Первый основной представитель гомологического ряда ацетиленовых углеводородов – *ацетилен* (этин)  $C_2H_2$ .

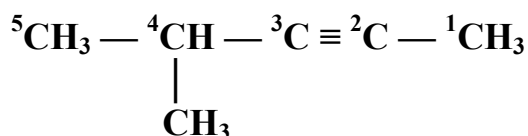
Известно, что тройная связь в молекуле ацетилена представляет собой сочетание одной  $\sigma$ - и двух  $\pi$ -связей. Атомы углерода, связанные тройной связью, находятся в третьем валентном состоянии ( $sp$ -гибридизация), т.е. из четырех орбиталей (одна  $2s$ - и три  $2p$ -) гибридованы только две ( $2s$ - и  $2p$ -). Все четыре атома в молекуле ацетилена расположены на одной прямой линии, представляющей собой ось трех  $\sigma$ -связей, образованных гибридными орбиталями атомов углерода (рис. 4):



По систематической номенклатуре ацетиленовые углеводороды называют, заменяя в названиях парафинов суффикс **–ан** на **–ин**. Главная цепь должна обязательно включать тройную связь, которая определяет и начало нумерации цепи, т.е. цепь нумеруют с того конца, к которому ближе расположена тройная связь. По рациональной номенклатуре эти соединения называют, как производные ацетилена:



*3-метилбутин-1, или  
изопропилацетилен*



*4-метилпентин-2, или метил  
изопропилацетилен*

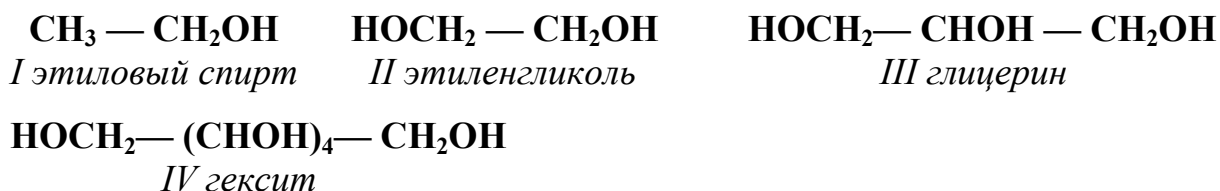
*Изомерия* ацетиленовых углеводородов определяется двумя факторами: строением основной углеродной цепи и положением в ней тройной связи. Структурная изомерия в ряду ацетилена начинается с углеводорода  $C_4H_6$ .

#### 1.4 Кислородсодержащие соединения. Спирты

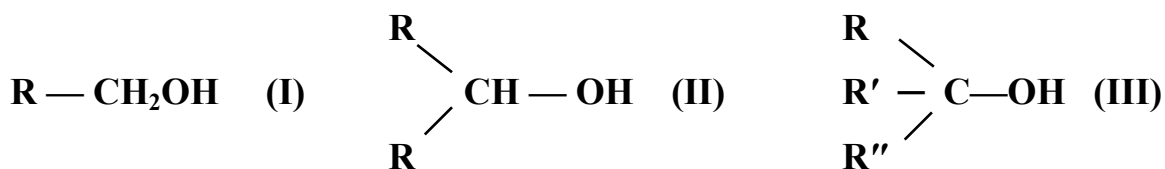
К кислородсодержащим органическим соединениям относят спирты, альдегиды и кетоны, карбоновые кислоты, простые и сложные эфиры.

***Спирты, или алкоголи, - производные углеводородов, в молекулах которых один или несколько атомов водорода замещены на соответствующее число гидроксильных групп (—ОН). Общая формула спиртов  $R-OH$ .***

Характер алифатического радикала определяет насыщенность или ненасыщенность спиртов, а от числа гидроксильных групп, содержащихся в молекуле спирта, зависит его *атомность*: спирты бывают *одноатомные* (I), *двухатомные* (II), *трехатомные* (III) и *многоатомные* (IV):



В зависимости от характера углеродного атома (первичный, вторичный или третичный), с которым связана гидроксильная группа, различают спирты *первичные* (I), *вторичные* (II) и *третичные* (III):



Предельные одноатомные спирты имеют общую формулу  $C_nH_{2n+1}OH$ .