

Министерство образования и науки России  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Казанский национальный исследовательский  
технологический университет»

В.Г. Урядов, Д.Б. Багаутдинова, Т.В. Кузнецова

# ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Задания для контрольных работ  
и методика их решений

*Часть 2*

Учебное пособие

Казань  
Издательство КНИТУ  
2013

УДК 547 (075)  
ББК Г2я7

**Урядов В.Г.**

Органическая химия. Задания для контрольных работ и методика их решений : учебное пособие : в 2 ч. Ч. 2 / В.Г. Урядов, Д.Б. Багаутдинова, Т.В. Кузнецова; М-во образ. и науки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань : Изд-во КНИТУ, 2013. – 328 с.

ISBN 978-5-7882-1382-8

Содержит материалы лекционного курса, примеры решения и контрольные задания в части функциональных производных углеводов.

Предназначено для самостоятельной подготовки к практическим занятиям, выполнения контрольных работ, подготовки к зачетам и экзаменам для студентов технологических специальностей заочной формы обучения, изучающих дисциплину «Органическая химия».

Подготовлено на кафедре органической химии КНИТУ.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Казанского национального исследовательского технологического университета

**Р е ц е н з е н т ы :**

зав. кафедрой общей и органической химии КГМУ,  
д-р хим. наук, проф. *Л.Е. Никитина*  
декан факультета химико-фармацевтических технологий  
и биомедицинских препаратов РХТУ им. Д.И. Менделеева,  
д-р хим. наук, проф. *Е.Н. Офицеров*

ISBN 978-5-7882-1382-8

© Урядов В.Г., Багаутдинова Д.Б.,  
Кузнецова Т.В., 2013

© Казанский национальный исследовательский  
технологический университет, 2013

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Органическая химия занимает особое место в системе обучения в Казанском национальном исследовательском технологическом университете.

Исторически сложилось, что в нашем учебном заведении основной упор делается на подготовку специалистов по производству и переработке материалов и веществ, основу которых составляют соединения углерода. Наукой, изучающей свойства соединений углерода, является прежде всего органическая химия. В то же время следует отметить, что органическая химия существенным образом отличается от других форм химии. Ее главная особенность заключается в том, что эта наука оперирует категорией структуры. По образному выражению известного математика Д. Пойа, «органическая химия – это природная теория графов». Поэтому изучение органической химии в первую очередь сопряжено с воспитанием у студентов умения и навыков использования и мышления категорией структуры. Следствием данной особенности является то, что органическая химия является одной из самых сложных, но необходимых дисциплин, изучаемых в КНИТУ студентами всех форм обучения, в том числе и заочниками.

Студентам данной категории в силу ее специфики приходится в значительно большей степени проявлять самостоятельность и целеустремленность при изучении различного рода дисциплин, в том числе и такого непростого для восприятия предмета, как органическая химия. Однако самостоятельное изучение этого раздела химии для большинства людей, не наделенных от природы способностью к пространственному мышлению, затруднено. Поэтому нами и было подготовлено данное учебное пособие, которое могло бы помочь студентам с обыденным стилем мышления обучиться мыслить специфическими категориями органической химии – одной из самых востребованных наук на современных химических и нефтехимических предприятиях.

## ВВЕДЕНИЕ

Предлагаемое учебное пособие включает в себя два набора контрольных работ с прилагаемыми к ним материалами лекционного курса, обозначенными в данной работе как теоретическая часть, и примерами решений этих заданий по органической химии в разделе «Функциональные производные углеводов» для студентов технологических специальностей заочной формы обучения, изучающих дисциплину «Органическая химия».

Один из наборов, озаглавленный «Контрольная работа №3», составляют задания по гидроксилсодержащим и карбонильным соединениям.

Задания по гидроксилсодержащим соединениям включают вопросы, касающиеся спиртов и фенолов.

Задания по карбонильным соединениям предусматривают рассмотрение альдегидов и кетонов.

Содержание другого набора, обозначенного как «Контрольная работа №4», формируют задания по карбоновым кислотам, азотсодержащим и бифункциональным соединениям.

Задания по карбоновым кислотам посвящены рассмотрению насыщенных и ненасыщенных монокарбоновых кислот, насыщенных и ненасыщенных дикарбоновых кислот, а также ароматических кислот.

Задания по азотсодержащим соединениям затрагивают вопросы, касающиеся алифатических и ароматических нитро-соединений, алифатических и ароматических аминов, а также преимущественно ароматических азо- и диазосоединений.

Задания по бифункциональным соединениям предусматривают рассмотрение гидрокси- и аминокислот, пептидов и углеводов.

Структура обеих контрольных работ включает, во-первых, теоретическую часть, касающуюся рассматриваемых далее заданий. Затем приводятся конкретные примеры решения вариантов контрольного задания, в которых содержится подробный разбор задач, а также ссылки на те или иные разделы теоретиче-

ской части, где рассматриваются вопросы, затронутые в данной задаче, или проблемы аналогичного характера.

В рассмотренных нами примерах приводятся схемы механизмов соответствующих реакций, а также логические схемы выбора направлений их протекания, основанные на правилах Зайцева и Марковникова, правилах ориентации электрофильной атаки в ароматическое ядро, рядах стабильности интермедиатов, устойчивости резонансно-стабилизированных систем и т. д.

После примеров приводятся тексты вариантов контрольных заданий (по 30 вариантов для одной контрольной).

Каждый вариант контрольного задания состоит из восьми задач. Первая задача выявляет степень усвоения обучающимся номенклатуры, принятой в органической химии. По условиям задачи студенту предлагается либо построить три структуры молекул по приведенным названиям, либо дать названия трем заданным структурам молекул функциональных производных углеводов.

Вторая задача предусматривает построение нескольких изомерных структур функциональных производных или выбор нескольких изомеров из набора по заданному признаку.

В третьей, четвертой и пятой задачах рассматриваются способы получения функциональных производных. В условиях приводятся последовательности (цепочки) превращений или задаются наборы реагентов для какой-то одной реакции.

Шестая, седьмая и восьмая задачи предусматривают изучение химических свойств функциональных производных. В задачах предлагается либо осуществить синтез путем цепочки превращений, в которых проявляются химические свойства, либо рассмотреть набор реакций, где в качестве исходного реагента выступает заданное функциональное производное.

Представленный материал может быть использован студентами при выполнении контрольных работ, а также для самостоятельной подготовки к практическим занятиям, зачетам и экзаменам.

## СПИРТЫ. ФЕНОЛЫ. АЛЬДЕГИДЫ И КЕТОНЫ

### ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## 1. Спирты

### 1.1. Общие положения

**Определение.** Гидроксипроизводные углеводородов, в молекулах которых гидроксигруппа присоединена к насыщенному атому углерода (атом углерода в состоянии  $sp^3$ -гибридизации), называются *спиртами*.

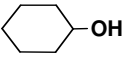
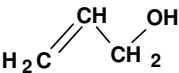
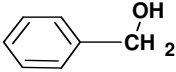
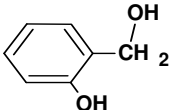
По номенклатуре ИЮПАК насыщенные спирты называются алканолами. Количество гидроксильных групп определяет атомность спирта.

Для спиртов действуют тривиальная, рациональная и систематическая номенклатуры. Рациональная номенклатура строится от метилового спирта или метанола, который в рациональной номенклатуре называется карбинол. Остальные спирты рассматриваются как производные карбинола, к которому присоединены различные радикалы. В систематической номенклатуре (ИЮПАК, IUPAC) наличие гидроксильной группы обозначается суффиксом *-ол*. Суффикс *-ол* добавляется к названию углеводорода: метан – метанол, этан – этанол и т.д. Гидроксигруппа обозначается после галоидов, углеводородных радикалов и кратных связей. Положение гидроксигруппы обозначается наименьшим значением локанта, если в составе молекулы отсутствует карбонильная и/или карбоксильная группа.

По строению углеводородной цепи различают спирты:

- насыщенные (когда углеводородный радикал построен из насыщенных атомов углерода);
- ненасыщенные (когда углеводородный радикал включает атомы углерода, соединенные кратной связью);

- ароматические (когда углеводородный радикал включает ароматическую систему):

| Номенклатура                                                                      | Тривиальная                    | Рациональная       | Систематическая         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------|-------------------------|
| $\text{H}_3\text{C}-\text{OH}$                                                    | Метиловый спирт                | Карбинол           | Метанол                 |
| $\text{H}_5\text{C}_2-\text{OH}$                                                  | Этиловый спирт                 | Метилкарбинол      | Этанол                  |
|  | Циклогексильный спирт          |                    | Циклогексанол           |
|  | Аллиловый спирт                | Винилкарбинол      | Пропен-2-ол-1           |
| $\text{HC}\equiv\text{C}-\text{CH}_2\text{OH}$                                    | Пропаргильный спирт            | Ацетиленилкарбинол | Пропин-2-ол-1           |
|  | Бензиловый спирт               | Фенилкарбинол      | Фенилметанол            |
|  | Салициловый спирт, (салигинин) |                    | 2-Гидрокси-фенилметанол |

По типу атома углерода, с которым соединена гидроксигруппа, спирты классифицируют следующим образом:

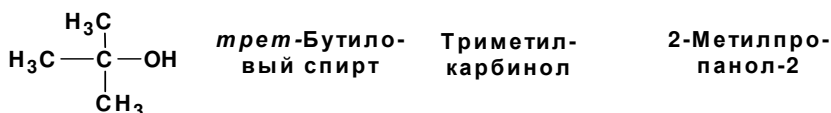
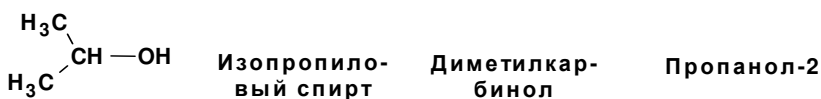
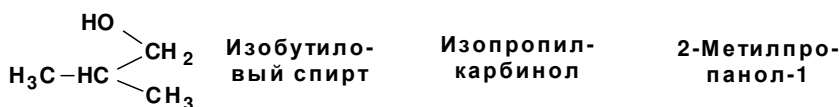
- первичные, когда гидроксигруппа соединена с первичным атомом углерода ( $-\text{CH}_2-\text{OH}$ );

- вторичные, когда гидроксигруппа связана с вторичным атомом углерода ( $-\text{CH}-\text{OH}$ );

- третичные, когда гидроксигруппа связана с третичным атомом углерода ( $-\overset{\text{OH}}{\underset{|}{\text{C}}}-$ ):

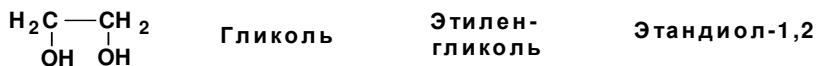
| Номенклатура                                                       | Тривиальная       | Рациональная   | Систематическая |
|--------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------|-----------------|
| $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$             | Пропиловый спирт  | Этилкарбинол   | Пропанол-1      |
| $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$ | n-Бутиловый спирт | Пропилкарбинол | Бутанол-1       |

| Номенклатура | Тривиальная | Рациональная | Систематическая |
|--------------|-------------|--------------|-----------------|
|--------------|-------------|--------------|-----------------|



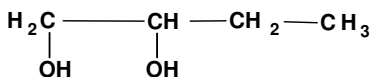
По числу гидроксильных групп в молекуле различают одно-, двух- и многоатомные спирты.

| Номенклатура | Тривиальная | Рациональная | Систематическая |
|--------------|-------------|--------------|-----------------|
|--------------|-------------|--------------|-----------------|

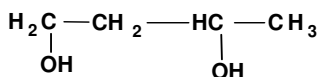


| Номенклатура                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Тривиальная               | Рациональная              | Систематическая           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| $\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2 \\   \\ \text{HO} \end{array}$                                                                                                                                                                                                           | Пропиловый спирт          | Этилкарбинол              | Пропанол-1                |
| $\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2 \\   \quad   \\ \text{HO} \quad \text{OH} \end{array}$                                                                                                                                                                                     | Пропиленгликоль           | $\alpha$ -Пропиленгликоль | Пропандиол-1,2            |
| $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{HC}-\text{CH}_2 \\   \quad   \quad   \\ \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{OH} \end{array}$                                                                                                                                                             | Глицерин                  |                           | Пропантриол-1,2,3         |
| $\begin{array}{c} \text{CH}_2 \quad \text{CH}_2 \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{OH} \end{array}$                                                                                                                                                                        | <i>n</i> -Бутиловый спирт | Пропилкарбинол            | Бутанол-1                 |
| $\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2 \\   \quad   \\ \text{H}_3\text{C} \quad \text{HO} \quad \text{HO} \end{array}$                                                                                                                                                                   | Бутиленгликоль            | $\alpha$ -Бутиленгликоль  | Бутандиол-1,2             |
| $\begin{array}{ccccccc} & \text{H} & & \text{OH} & & \text{H} & & \text{H} \\ &   & &   & &   & &   \\ \text{HO}-\text{CH}_2- & \text{C} & - & \text{C} & - & \text{C} & - & \text{C} & - & \text{CH}_2 \\ &   & &   & &   & &   \\ & \text{OH} & & \text{H} & & \text{OH} & & \text{OH} \end{array}$ | Сорбит                    |                           | Гексангексаол-1,2,3,4,5,6 |

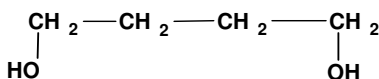
Для многоатомных спиртов, особенно двухатомных, характерна изомерия положения гидроксильной группы:



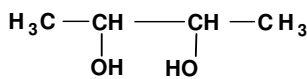
Бутандиол-1,2



Бутандиол-1,3



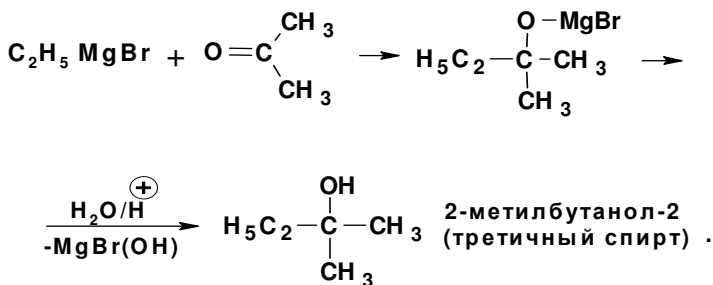
Бутандиол-1,4



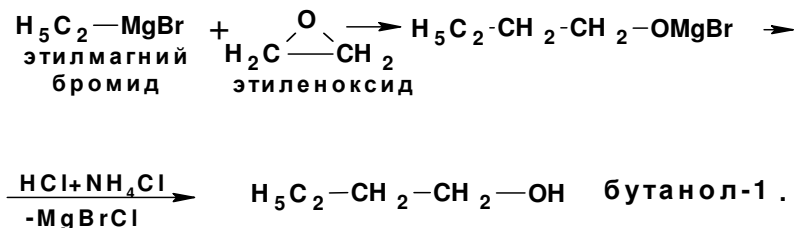
Бутандиол-2,3



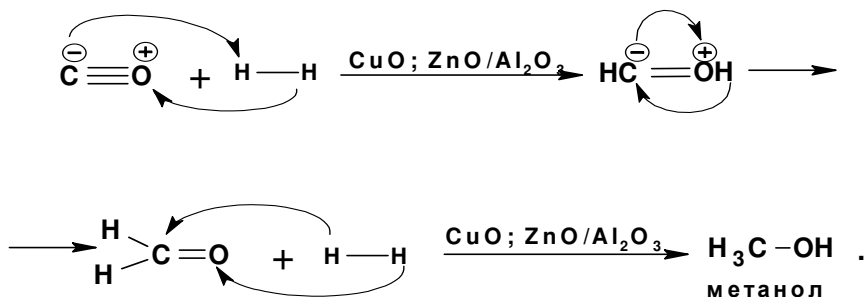




**1.2.5. Синтез спиртов с использованием реактива Гриньяра и окисей алкенов:**

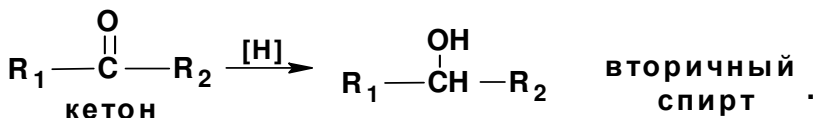
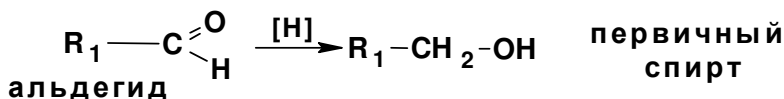


**1.2.6. Восстановление оксида углерода (II) (окиси углерода):**



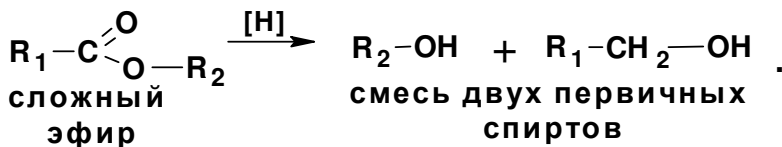
Восстановление оксида углерода (II) является промышленным способом производства метанола.

**1.2.7. Восстановление карбонильных соединений:**

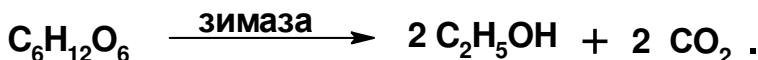


В качестве восстановителей используют боргидрид натрия ( $\text{NaBH}_4$ ) в спирте, литийалюминий гидрид ( $\text{LiAlH}_4$ ) в эфире, а также каталитическое восстановление водородом над никелевым, платиновым или палладиевым катализатором. При этом из альдегидов и сложных эфиров получают первичные спирты, а из кетонов получают вторичные спирты.

#### 1.2.8. Восстановление сложных эфиров:



#### 1.2.9. Спиртовое брожение:

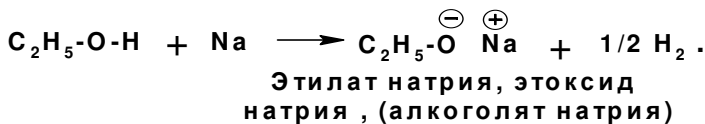


Наряду с гидратацией этена, спиртовое брожение также является промышленным способом производства этанола.

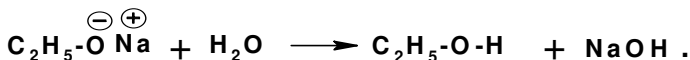
### 1.3. Химические свойства алканолов

#### 1.3.1. Кислотные свойства

Кислотные свойства алканолов проявляются в способности взаимодействовать со щелочными и щелочно-земельными металлами (магний) с замещением атома водорода гидроксильной группы на катион металла:



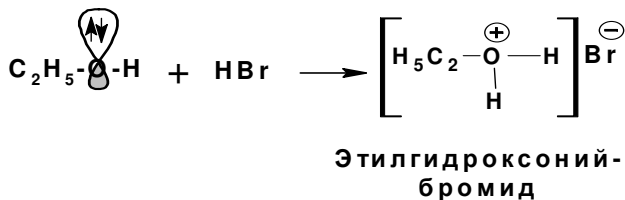
Алкоголяты легко гидролизуются:



Кислотные свойства спиртов понижаются в ряду: метиловый, первичный, вторичный, третичный, что обусловлено электронодонорными свойствами алкильных групп, понижающих стабильность аниона.

#### 1.3.2. Основные свойства

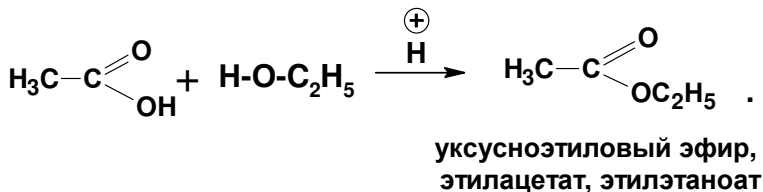
Основные свойства алканолов проявляются в способности спиртов взаимодействовать с кислотами Бренстеда:



В молекуле спирта электронодонором является атом кислорода, обладающий неподеленной электронной парой (НЭП). По НЭП происходит присоединение протона кислоты Бренстеда.

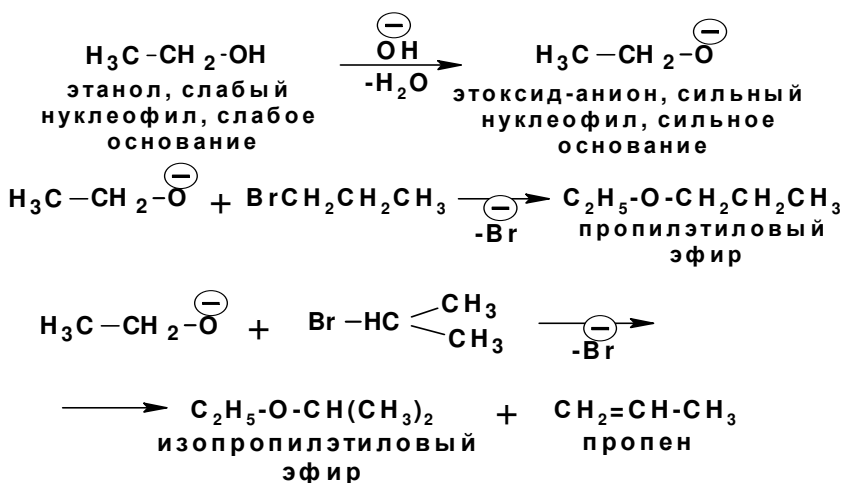
Спирты являются слабыми основаниями. Основные свойства возрастают в ряду: метиловый, первичный, вторичный, третичный, что обусловлено электронодонорными свойствами алкильных групп.

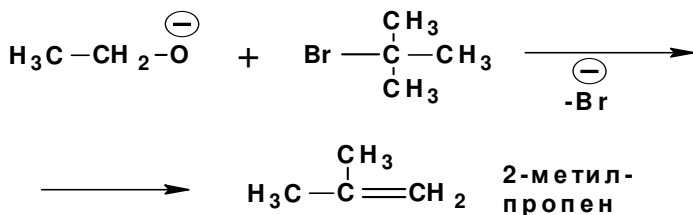
### 1.3.3. Этерификация кислотами:



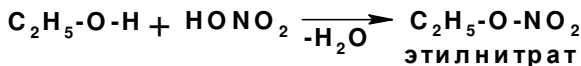
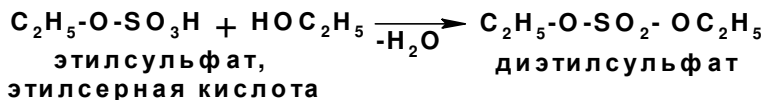
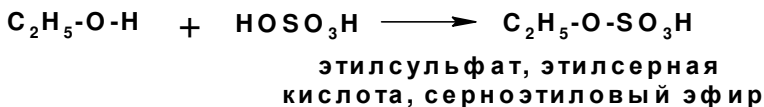
### 1.3.4. Реакции с галогеналканами

Спирты являются слабыми нуклеофилами и практически не реагируют с галогеналканами. Исключение составляют аллил и бензилгалогениды и некоторые третичные галогенпроизводные. Поэтому в реакциях с галогеналканами используют алкоксид-анионы, которые являются сильными нуклеофилами и основаниями:





### 1.3.5. Этерификация минеральными кислотами:

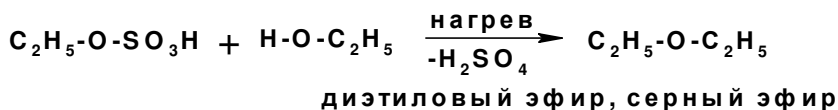


### 1.3.6. Дегидратация спиртов

Дегидратация спиртов протекает при действии водоотнимающих средств. Такими веществами являются:

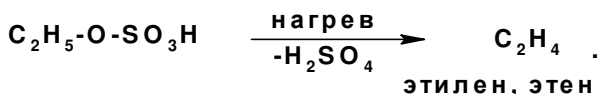
- кислоты: серная, фосфорная, щавелевая, бензолсульфо-кислота;
- оксиды алюминия и тория.

Существует два вида дегидратации: межмолекулярная и внутримолекулярная. При межмолекулярной дегидратации образуются простые эфиры:

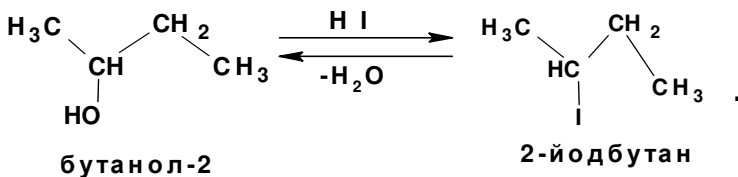
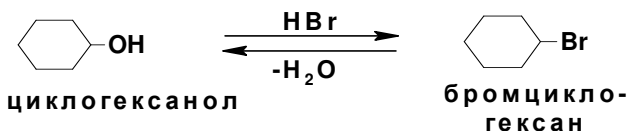
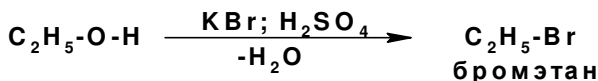
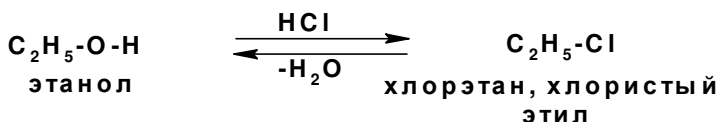


Механизм реакции включает две стадии. На первой стадии образуется сложный эфир серной кислоты, который на второй стадии вступает в реакцию нуклеофильного замещения со второй молекулой спирта:

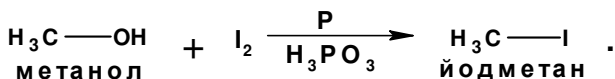
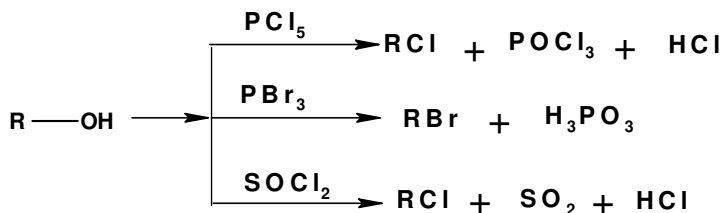
В случае внутримолекулярной дегидратации спиртов, протекающей при более высокой температуре, от молекулы сложного эфира отщепляется молекула серной кислоты и образуется молекула непредельного соединения. В этом случае на второй стадии протекает реакция элиминирования:



### 1.3.7. Реакции с галогеноводородами:

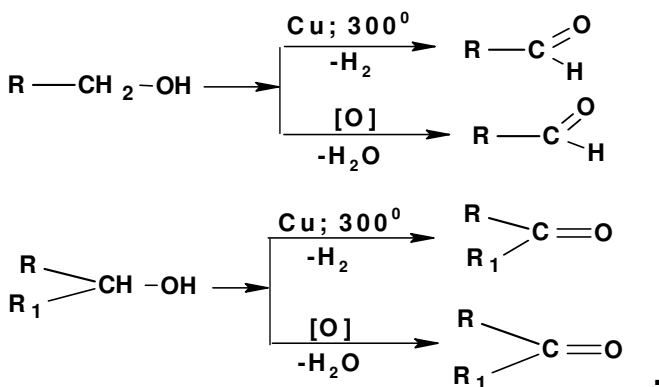


### 1.3.8. Реакции с галогенидами фосфора и серы:



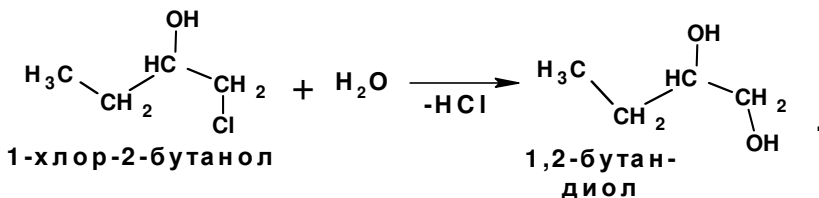
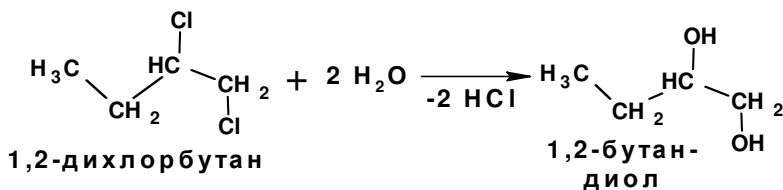
### 1.3.9. Окисление

В качестве окислителей спиртов могут быть использованы: хромовый ангидрид, хромовая кислота, перманганат калия, двуокись марганца и т.д. Во всех случаях первичные спирты дают альдегиды, а вторичные – кетоны. Кроме того, при пропускании паров первичного или вторичного спирта над медным катализатором при 300<sup>0</sup>С протекает реакция дегидро-генизации (дегидрирования) спиртов. В этом случае также из первичных спиртов получают альдегиды, а из вторичных – кетоны:

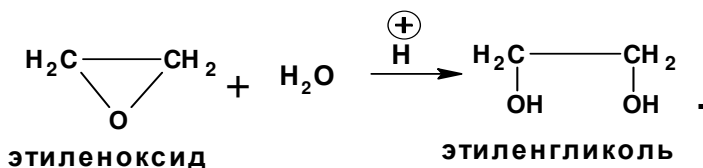


## 1.4. Способы получения многоатомных спиртов

**1.4.1. Гидролиз дигалогенопроизводных предельных углеводородов или хлоргидринов:**

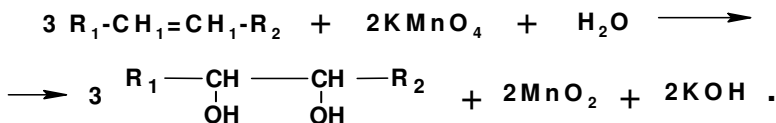


**1.4.2. Гидратация окисей алкенов:**



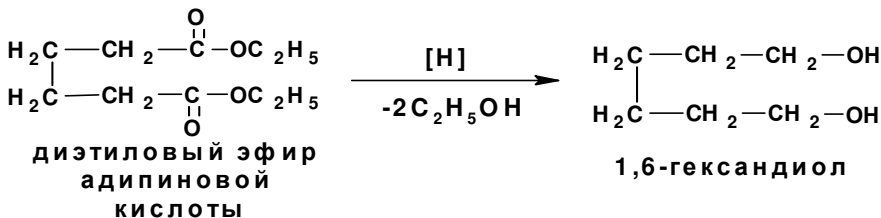
**1.4.3. Окисление алкенов по Вагнеру**

Под действием холодного разбавленного (5-10 %) раствора перманганата калия (реакция Вагнера) из олефинов образуются *цис*-гликоли или *цис*-диолы:



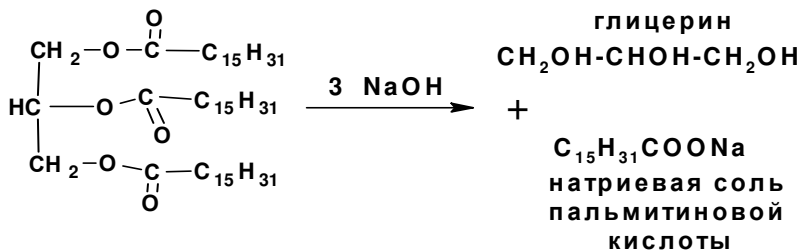
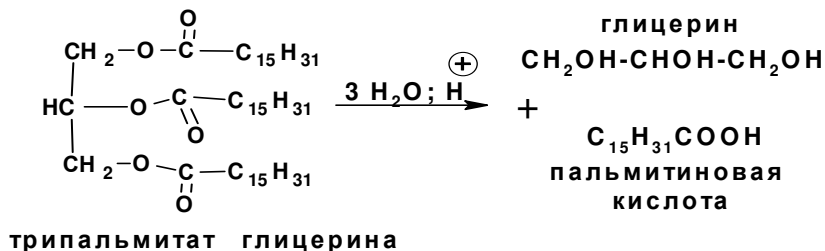
#### 1.4.4. Восстановление сложных эфиров дикарбоновых кислот

Полиметиленгликоли общей формулы  $\text{HO}-(\text{CH}_2)_n-\text{OH}$  можно получить восстановлением литийалюминийгидридом или каталитическим гидрированием эфиров дикарбоновых кислот:



#### 1.4.5. Получение глицерина из природных эфиров

В промышленных масштабах глицерин получают из жиров (животных и растительных) путем гидролиза в присутствии кислоты или щелочи:

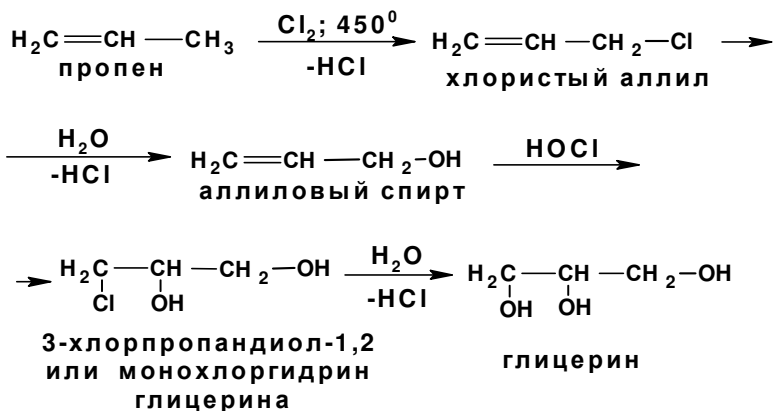


При щелочном гидролизе получают натриевые соли высших жирных кислот, которые называются мылами. Отсюда этот процесс и вообще гидролиз сложных эфиров при действии щелочей называется омылением.

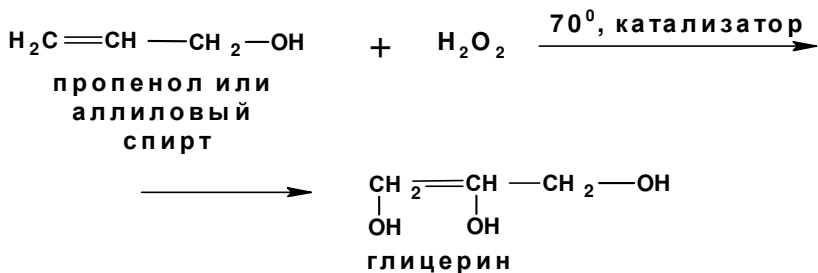
#### 1.4.6. Получение синтетического глицерина

Синтетический глицерин в промышленных масштабах получают из пропилена двумя путями:

а) присоединением хлорноватистой кислоты к аллиловому спирту с последующим гидролизом:



б) обработкой аллилового спирта пероксидом водорода:



## 1.5. Химические свойства многоатомных спиртов

### 1.5.1. Образование солей с металлами

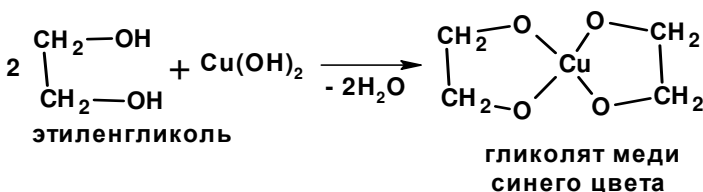
Со щелочными металлами гликоли и глицерин образуют полные и неполные гликоляты:



а также глицераты:

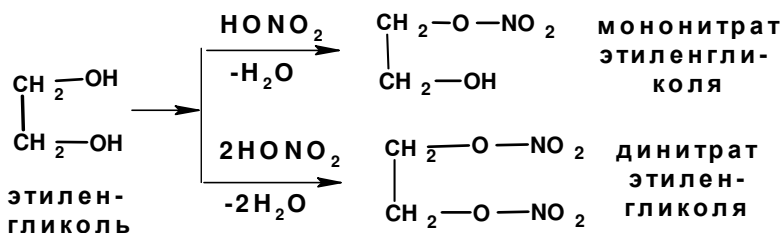


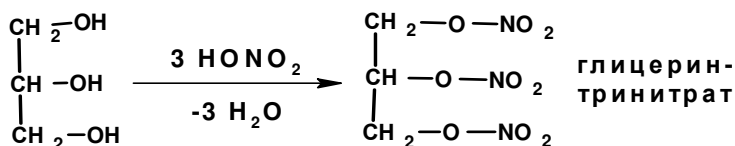
Гликоли и глицерин могут реагировать с гидроокисями тяжелых металлов с образованием окрашенных координационных соединений:



### 1.5.2. Образование сложных эфиров с минеральными кислотами

С минеральными и органическими кислотами гликоли и глицерин образуют сложные эфиры. В образовании сложно-эфирной системы могут участвовать одна или несколько гидроксильных групп, при этом образуются полные и неполные эфиры:

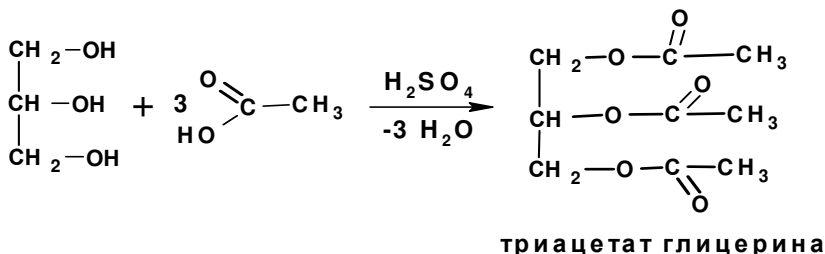




Полный азотнокислый эфир глицерина – глицерин-тринитрат (тривиальное название «тринитроглицерин») – взрывчатое вещество, на основании которого изготавливаются динамит и порох.

### 1.5.3. Образование сложных эфиров с карбоновыми кислотами

Для глицерина характерно образование сложных эфиров с карбоновыми кислотами. Например, с уксусной кислотой:

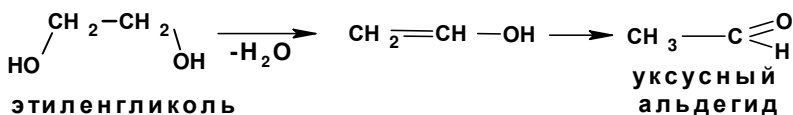


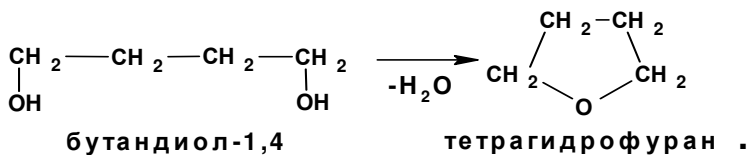
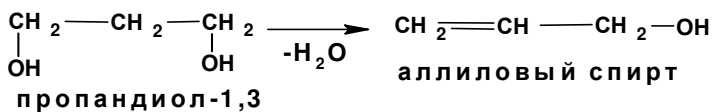
Неполные эфиры называются моноацетат- и диацетат глицерина.

### 1.5.4. Дегидратация

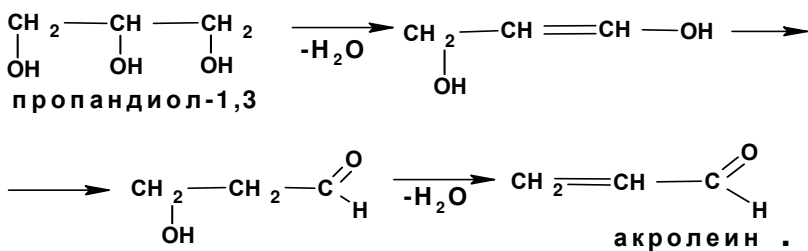
Отщепление воды от гликолей может иметь внутримолекулярный и межмолекулярный характер.

Примеры внутримолекулярной дегидратации:

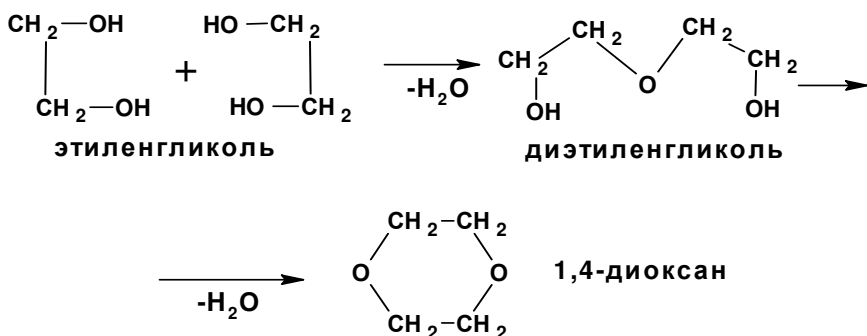


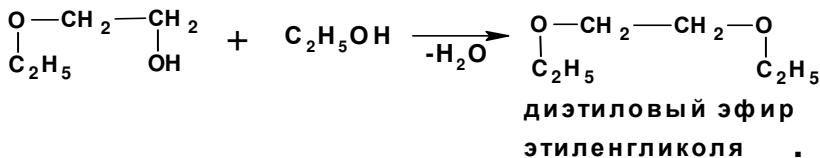
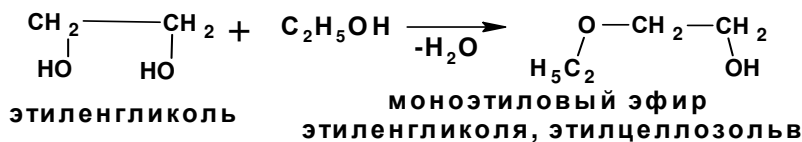


Отщепление воды от глицерина соответствует дегидратации диола-1,2 и диола-1,3:



Межмолекулярная дегидратация диолов приводит к образованию ациклических и циклических эфиров:

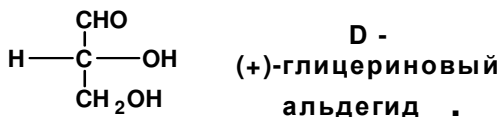




### 1.5.5. Окисление

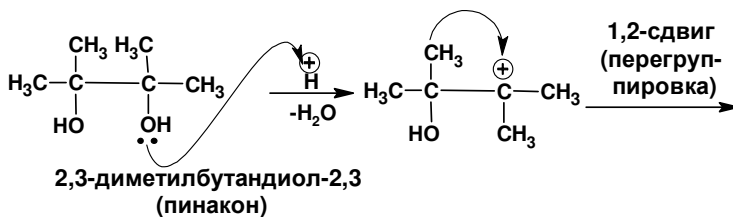
Этиленгликоль окисляется до щавелевой кислоты. В качестве промежуточных продуктов образуются гликолевый альдегид и глиоксаль.

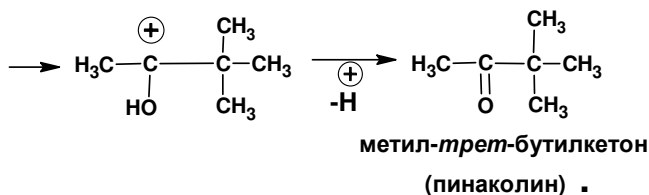
В качестве промежуточного продукта окисления глицерина образуется глицериновый альдегид:



### 1.5.6. Пинакон-пинаколиновая перегруппировка

Под действием кислот 2,3-диметилбутандиол-2,3 (*пинакон*) превращается в метил-*трет*-бутилкетон (*пинаколин*):



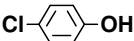
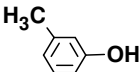
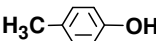


## 2. Фенолы

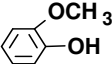
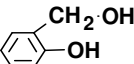
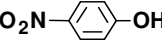
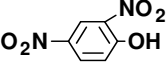
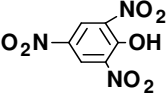
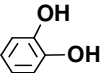
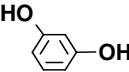
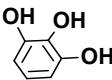
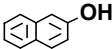
### 2.1. Общие положения

**Определение.** Ароматические гидроксисоединения, в которых гидроксильная группа связана с ароматическим ядром, называются *фенолами*.

Тривиальное название «фенол» принято в номенклатуре IUPAC. По числу гидроксильных групп фенолы разделяются на одно-, двух-, трехатомные и т. д. Для бензола, в принципе, возможны шестиатомные фенолы:

| Номенклатура                                                                        | Тривиальная | Рациональная    | Систематическая  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------|------------------|
|    | Фенол       |                 | Бензенол         |
|   |             | орто-Хлор-фенол | 2-Хлорбен-зенол  |
|  |             | пара-Хлор-фенол | 4-Хлорбен-зенол  |
|  |             | орто-Кре-зол    | 2-Метилбен-зенол |
|  |             | мета-Кре-зол    | 3-Метилбен-зенол |
|  |             | пара-Кре-зол    | 4-Метилбен-зенол |

| Номенклатура | Тривиальная | Рациональная | Систематическая |
|--------------|-------------|--------------|-----------------|
|--------------|-------------|--------------|-----------------|

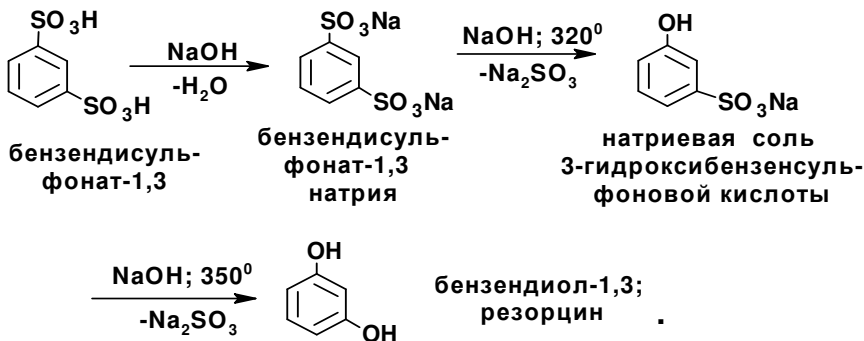
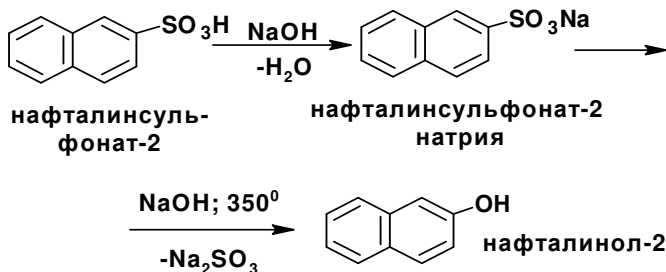
|                                                                                     |                                    |                                                                                        |                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
|    | Гвайякол                           |                                                                                        | 2-Метоксибен-<br>зенол                                       |
|    | Салигенин,<br>салициловый<br>спирт | <i>орто</i> -гидрокси-<br>бензиловый<br>спирт,<br><i>орто</i> -гидрокси-<br>метилфенол | 2-Гидроксифе-<br>нилметанол,<br>2-гидроксима-<br>тилбензенол |
|    |                                    | пара-Нитро-<br>фенол                                                                   | 4-Нитробен-<br>зенол                                         |
|    |                                    | 2,4-Динитро-<br>фенол                                                                  | 2,4-Динитро-<br>бензенол                                     |
|    | Пикриновая<br>кислота              | 2,4,6-Тринитро-<br>фенол                                                               | 2,4,6-Тринитро-<br>бензенол                                  |
|    | Пирока-<br>техин                   |                                                                                        | Бензен-<br>диол-1,2                                          |
|    | Резорцин                           |                                                                                        | Бензен-<br>диол-1,3                                          |
|   | Гидрохинон                         |                                                                                        | Бензен-<br>диол-1,4                                          |
|  | Пирогаллол                         |                                                                                        | Бензентри-<br>ол-1,2,3                                       |
|  | Флороглюцин                        |                                                                                        | Бензентри-<br>ол-1,3,5                                       |
|  |                                    | $\alpha$ -Нафтол                                                                       | Нафталинол-1<br>или нафтол-1                                 |
|  |                                    | $\beta$ -Нафтол                                                                        | Нафталинол-2<br>или нафтол-2                                 |

## 2.2. Способы получения

### 2.2.1. Сплавление со щелочами натриевой соли бензолсульфокислоты:



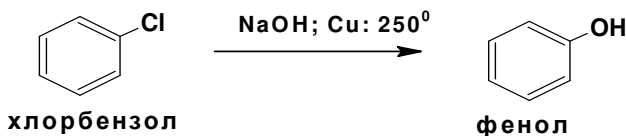
Данная реакция заложена в основе наиболее старого промышленного способа производства фенола. В настоящее время используется для получения двух- и многоатомных фенолов, а также нафталинола-1 и нафталинола-2:



Реакцию ведут при 320-350<sup>0</sup>С. Получение резорцина протекает в две стадии. На первой стадии, протекающей в более мягких условиях, образуется 3-гидроксibenzenсульфовая кислота. На второй стадии, требующей более жестких условий, образуется резорцин (бензeндиол-1,3).

### 2.2.2. Гидролиз галогенопроизводных

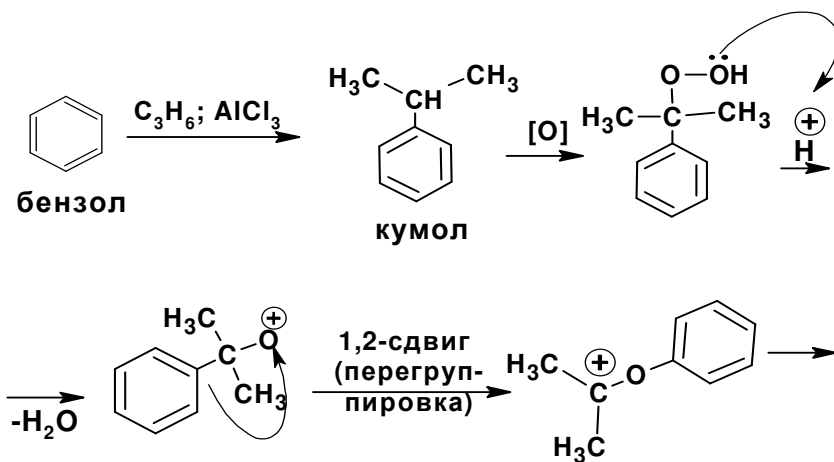
Получение фенола из хлорбензола:

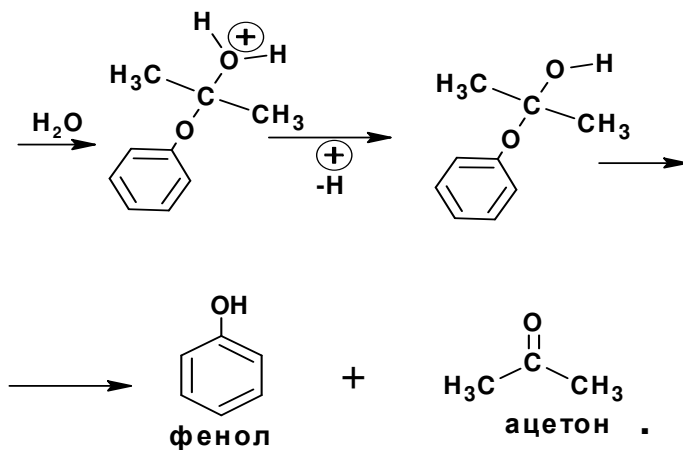


Процесс ведут в присутствии солей меди.

### 2.2.3. Разложение гидропероксидов

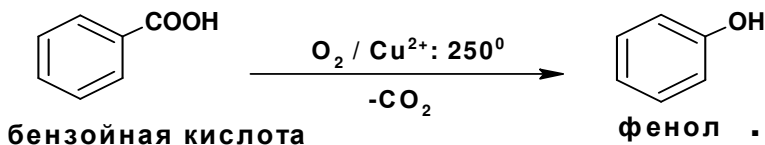
Самый выгодный способ получения фенола основан на кислотном разложении гидропероксида изопропилбензола (кумола):





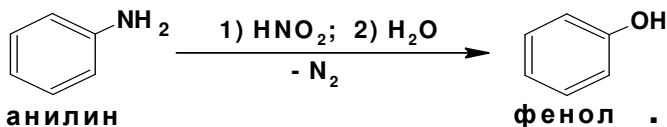
#### 2.2.4. Окислительное декарбоксилирование карбоновых кислот

Декарбоксилирование ароматических карбоновых кислот проводят при 200-300<sup>0</sup>С в присутствии солей меди (II):



#### 2.2.5. Получение фенолов из солей диазония

Фенолы получают действием на первичные ароматические амины азотистой кислотой и дальнейшим гидролизом образовавшейся соли диазония



Через стадию солей диазония можно получать *орто*- и *мета*-галогенфенолы, а также *мета*-нитрофенол.

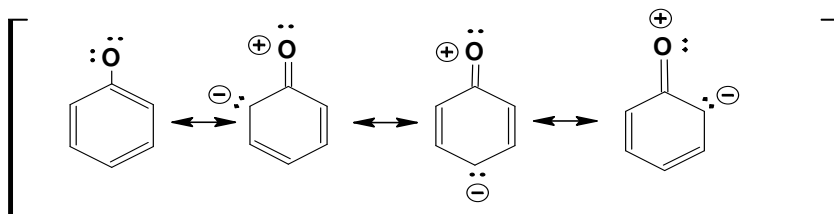
### 2.2.6. Получение гомологов фенола

Через стадию солей диазония можно получить гомологи фенола из сульфо-, галогено- или аминопроизводных гомологов бензола. Гомологи фенола также можно получать алкилированием самого фенола.

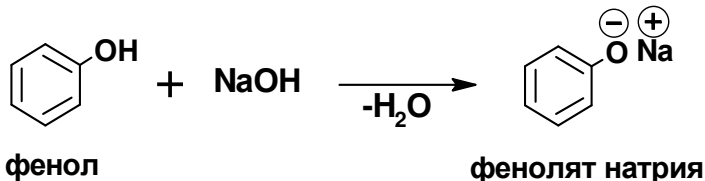
## 2.3. Химические свойства

### 2.3.1. Кислотные свойства

Фенол является кислотой более сильной, чем спирты и вода, но более слабой, чем угольная кислота. Для фенолят-аниона можно привести набор резонансных структур:



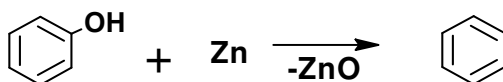
Наличие набора резонансных структур свидетельствует об устойчивости фенолят-аниона и достаточно высоких кислотных свойствах фенола. Соответственно фенол легко реагирует с раствором едкого натра с образованием фенолята:



Электронодонорные заместители в *пара*- и *орто*-положениях понижают кислотные свойства. Электроноакцепторные заместители в *пара*- и *орто*-положениях повышают кислотные свойства. Так 2,4,6-тринитрофенол обладает выраженными кислотными свойствами, поэтому называется пикриновой кислотой. Он способен вытеснять угольную кислоту из ее солей, т.е. может образовывать фенолят в растворе соды.

### 2.3.2. Восстановление

Примером реакции, протекающей с разрывом связи C-O, является восстановление фенола цинковой пылью при перегонке. В ходе этой реакции гидроксильная группа замещается водородом:



Связь между углеродом бензольного кольца и атомом кислорода гидроксильной группы обладает повышенной прочностью за счет частичной двоевязанности. Поэтому реакции с разрывом связи C-O для фенола, в общем, не характерны.

### 2.3.3. О-Алкилирование фенола

Фенол является слабым основанием, поэтому в реакции алкилирования с галоидными алкилами обычно используют фенолят натрия:

