ВЫСШЕЕ
ОБРАЗОВАНИЕ

В. М. АЛЬБИЦКАЯ
В. И. СЕРКОВА

# ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ ПО ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

В. М. АЛЬБИЦКАЯ,
В. И. СЕРКОВА

# ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ ПО ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

ИЗДАНИЕ 3-е,
ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ

Под редакцией чл.-кор. АН СССР
А. А. ПЕТРОВА

Допущено Министерством высшего
и среднего специального
образования СССР
в качестве учебного пособия
для студентов химико-технологических
специальностей вузов

МОСКВА «ВЫСШАЯ ШКОЛА»
1983

ББК 24.2
А56
УДК 547

Рецензент: докт. хим. наук Ю. С. Шабаров
(кафедра органической химии химического факультета МГУ)

**Альбицкая В. М., Серкова В. И.**

А56 Задачи и упражнения по органической химии: Учеб. пособие для вузов. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1983. — 207 с., ил.

45 к.

Пособие охватывает все основные разделы курса органической химии. По каждому разделу приводятся задачи и упражнения по изомерии, номенклатуре, синтезу, даны подробные методические указания по решению основных типов задач.

В третьем издании (2-е вышло в 1973 г.) увеличено число задач на электронное строение органических соединений, на определение строения веществ с помощью ИК и ПМР спектроскопии.

Предназначается для студентов химико-технологических специальностей вузов.

$\text{А}\,\frac{1803000000-141}{001(01)-83}\,64-83$

ББК 24.2
547

© Издательство «Высшая школа», 1973

© Издательство «Высшая школа», 1983, с изменениями

# ПРЕДИСЛОВИЕ

Сборник задач и упражнений по органической химии предназначен для семинарских занятий и самостоятельной работы студентов химических факультетов технологических институтов. Он составлен в соответствии с программой по курсу органической химии и на основе материалов, используемых при изучении органической химии в Ленинградском технологическом институте им. Ленсовета. Третье издание сборника значительно переработано и дополнено.

В начале сборника приведены некоторые методические указания, которые могут быть полезны при самостоятельной работе.

Все задачи и упражнения разделены на две части. Первая охватывает соединения жирного ряда, вторая — циклические соединения. В каждый раздел включены упражнения по изомерии и номенклатуре органических соединений, определению строения, задачи по синтезу заданного вещества и др.

Многие задачи носят комплексный характер, т. е. охватывают способы получения, химические свойства, механизмы реакций и применение современных инструментальных методов анализа и исследования органических веществ, что должно способствовать развитию у студентов представлений о генетических и иных связях между отдельными классами органических соединений.

В конце каждой части даны задачи на повторение. Наиболее сложные задачи отмечены звездочкой и в конце сборника приведены ответы или решения этих задач.

В сборнике имеется глава «Номенклатура органических соединений», в которой приведены в сокращенном виде правила современной систематической номенклатуры органических соединений, предложенные Международным союзом теоретической и прикладной химии (ИЮПАК), основное внимание при этом уделено номенклатуре заместительного типа.

В пособии используется систематическая номенклатура, но иногда применяются в задачах тривиальные названия, допускаемые правилами ИЮПАК, и названия по «рациональной» номенклатуре, которые широко использовались в русской химической литературе.

Все замечания, направленные на улучшение содержания настоящего сборника, будут приняты с благодарностью.

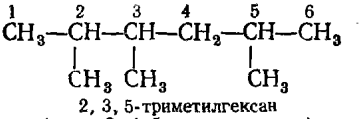
*Авторы*

# I. НОМЕНКЛАТУРА ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

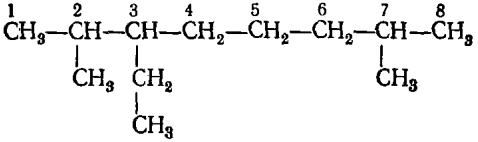
## Ациклические углеводороды

1. Первые четыре представителя ряда насыщенных углеводородов (алканов) имеют названия: метан, этан, пропан, бутан. Названия последующих углеводородов образуются из основы греческих числительных и окончания *-ан*, например: $C_5H_{12}$ — пентан, $C_6H_{14}$ — гексан, $C_{10}H_{22}$ — декан и т. д. Такие углеводороды называют нормальными или неразветвленными.

Разветвленные насыщенные углеводороды называют по имеющейся в формуле углеводорода самой длинной нормальной цепи, добавляя в качестве приставки название боковой цепи. Самую длинную нормальную цепь нумеруют, причем направление нумерации выбирают так, чтобы цифры, указывающие положения боковых цепей, были наименьшими:

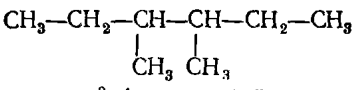


2, 3, 5-триметилгексан
(но не 2, 4, 5-триметилгексан)

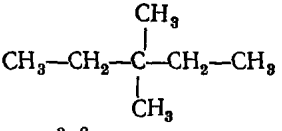


2, 7-диметил-3-этилоктан
(но не 2,7-диметил-6-этилоктан)

Наличие нескольких одинаковых радикалов обозначается соответствующей умножающей приставкой: *ди-*, *три-*, *тетра-*, *пента-* и т. д.



3, 4-диметилгексан

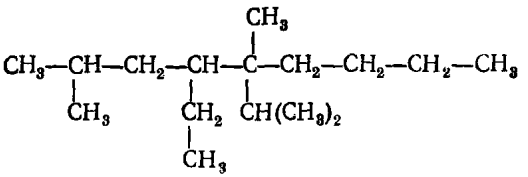


3, 3-диметилпентан

Если в алкане имеется несколько боковых цепей, то в названии их перечисляют в алфавитном порядке. Приставки *ди-*, *три-* и т. д. при определении алфавитного порядка во внимание не принимаются



此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com



5-изопропил-2,5-диметил-4-этилнонан

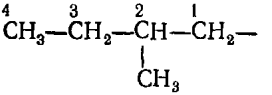
Для некоторых углеводородов сохраняются их несистематические названия:

| | |
|---|---|
| изобутан | $(CH_3)_2CH—CH_3$ |
| изопентан | $(CH_3)_2CH—CH_2—CH_3$ |
| неопентан | $(CH_3)_4C$ |
| изогексан | $(CH_3)_2CH—CH_2—CH_2—CH_3$ |

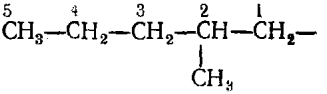
Если из молекулы нормального насыщенного углеводорода удалить водород от конечного углеродного атома, то получают углеводородные остатки, или радикалы*, нормального строения. Радикал называют, заменяя окончание *-ан* в названии углеводорода на *-ил*:

| | |
|---|---|
| метил | $CH_3—$ |
| этил | $CH_3—CH_2—$ |
| пропил | $CH_3—CH_2—CH_2—$ |
| бутил | $CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—$ |
| пентил** | $CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—$ и т. д. |

Названия более сложных радикалов образуют от названия неразветвленного радикала, соответствующего самой длинной цепи, и названия радикала, стоящего в боковой цепи. Нумерацию длинной цепи начинают от углеродного атома со свободной валентностью:



2-метилбутил



2-метилпентил

Для некоторых одновалентных радикалов сохраняются следующие несистематические названия:

| | |
|---|---|
| изопропил | $(CH_3)_2CH—$ |
| изобутил | $(CH_3)_2CH—CH_2—$ |
| *втор*-бутил | $CH_3—CH_2—\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{\vert}{CH}}—CH_3$ |
| *трет*-бутил | $(CH_3)_3C—$ |
| изопентил | $(CH_3)_2CH—CH_2—CH_2—$ |

---

* Следует различать радикал — остаток углеводорода и радикал — частицу с неспаренным электроном.

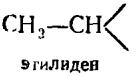
** Тривиальное название — *амил*.

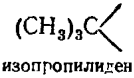
*трет*-пентил $CH_3—CH_2—C(CH_3)_2—$

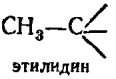
неопентил $(CH_3)_3C—CH_2—$

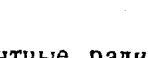
изогексил $(CH_3)_2CH—CH_2—CH_2—CH_2—$

Двухвалентные и трехвалентные радикалы образуют из одновалентных радикалов отнятием одного или двух водородных атомов от атома углерода со свободной валентностью. Называют двухвалентные и трехвалентные радикалы, добавляя к названию одновалентного радикала окончания *-иден* или *-идин*:


этилиден


изопропилиден


этилидин

Для радикала сохраняется название метилен, для радикала  метин.

Двухвалентные радикалы, образованные отнятием двух атомов водорода от каждого из двух конечных атомов углерода нормальных алканов, имеют названия:

этилен $—CH_2—CH_2—$

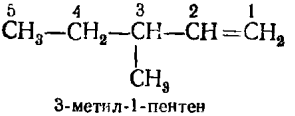
триметилен $—CH_2—CH_2—CH_2—$

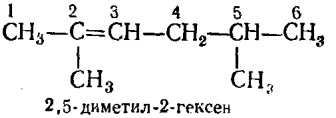
тетраметилен $—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—$

пентаметилен $—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—$

Радикал $CH_3—\underset{|}{CH}—CH_2—$ сохраняет название пропилен.

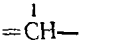
2. Названия ненасыщенных углеводородов с одной двойной связью (алкенов) образуют, заменяя окончание *-ан* в названии соответствующего алкана на *-ен*. Выбирают самую длинную нормальную углеродную цепь, содержащую двойную связь, и нумеруют ее так, чтобы положению двойной связи соответствовал наименьший порядковый номер:

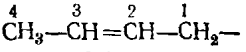

3-метил-1-пентен

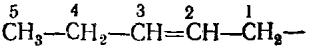

2,5-диметил-2-гексен

Для углеводорода $CH_2=CH_2$ сохраняется несистематическое название этилен.

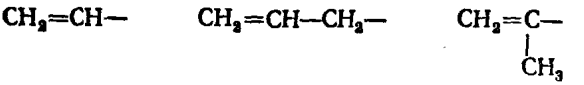
Одновалентные радикалы, образованные из алкенов, имеют окончание *-енил*:


1-пропенил


2-бутенил

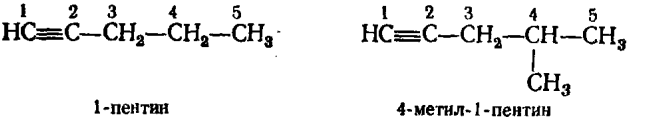

2-пентенил

Для некоторых радикалов, как исключение, сохраняются несистематические названия:



винил аллил изопропенил

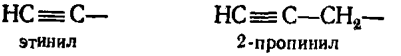
3. Названия ненасыщенных углеводородов с одной тройной связью (алкинов) образуют из названия соответствующих алканов, заменяя окончание *-ан* на *-ин*. Главную цепь нумеруют так, чтобы положению тройной связи соответствовали наименьшие номера:



1-пентин 4-метил-1-пентин

Для $CH{\equiv}CH$ сохраняется название ацетилен.

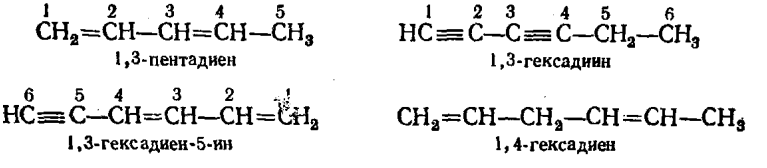
Одновалентные радикалы, образованные из алкинов, имеют окончание *-инил*:



этинил 2-пропинил

4. Ненасыщенные ациклические углеводороды с двумя, тремя или более двойными связями получают окончания *-диен*, *-триен* и т. д.

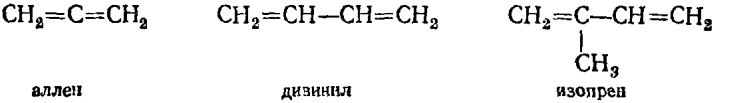
Углеводороды с двумя, тремя или более тройными связями получают окончания *-диин*, *-триин* и т. д. Углеводороды, имеющие как двойные, так и тройные связи, получают окончания *-енин*, *-диенин* и т. д.:



1,3-пентадиен 1,3-гексадиин

1,3-гексадиен-5-ин 1,4-гексадиен

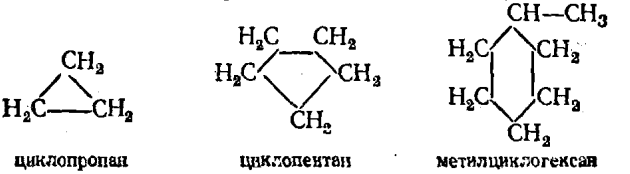
Сохраняются следующие несистематические названия:



аллен дивинил изопрен

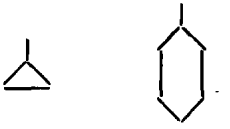
## Карбоциклические углеводороды

5. Насыщенные углеводороды с карбоциклическими кольцами (циклоалканы) называют, добавляя приставку *цикло-* к названию соответствующего нормального алкана:



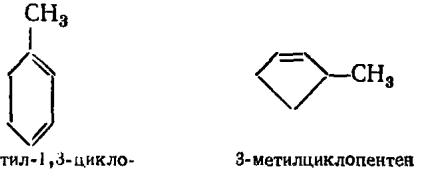
циклопропан циклопентан метилциклогексан

Одновалентные радикалы, образованные из циклоалканов, называют, заменяя окончание *-ан* в названии циклоалкана на окончание *-ил*:



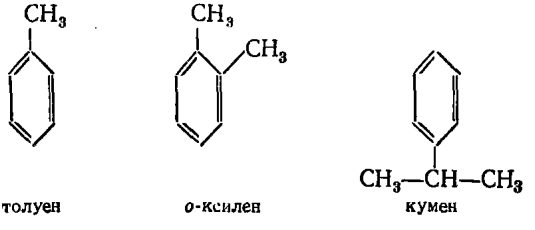
циклопропил циклогексил

Ненасыщенные изоциклические углеводороды называют, заменяя окончание *-ан* в соответствующих циклоалканах на *-ен*, *-диен* и т. д. Положение кратных связей обозначают по возможности наименьшими цифрами:

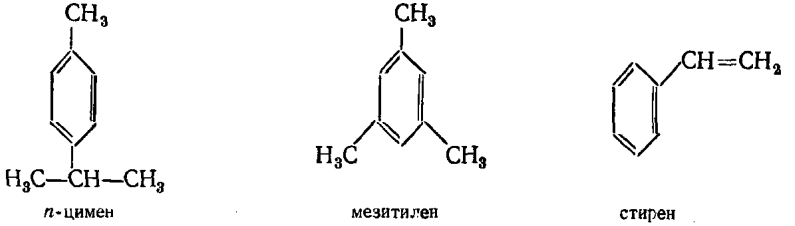


1-метил-1,3-циклогексадиен 3-метилциклопентен

6. Моноциклические и полициклические ароматические углеводороды называют *аренами*. Систематическое название углеводорода $C_6H_6$ — бензен. За замещенными моноциклическими ароматическими углеводородами остаются тривиальные названия:



толуен *о*-ксилен кумен

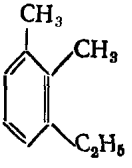


*п*-цимен мезитилен стирен

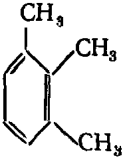
В русском языке эти углеводороды сохраняют названия: бензол, толуол, ксилол, кумол, цимол, мезитилен, стирол, которыми мы и будем пользоваться в дальнейшем.

Другие ароматические углеводороды ряда бензола рассматривают как гомологи бензола или вышеназванных углеводородов, если вводимый заместитель не идентичен имеющемуся в данном соединении заместителю. В противном случае углеводороды называют как производные бензола. Положение заместителей обозначают наименьшими

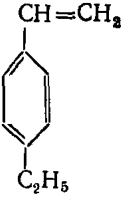
номерами, а для дизамещенных бензола могут быть использованы приставки орто-, мета-, пара- (*о*-, *м*-, *п*-)*. Если название углеводорода основано на названии вышеперечисленных веществ (толуол, ксилол и др.), то наименьший номер приписывается заместителю, уже присутствующему в этом соединении. Если название производится от бензола, то наименьший номер получает заместитель, перечисляемый первым в алфавитном порядке:



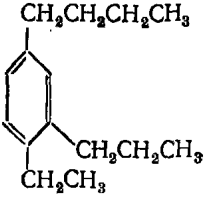
3-этил-*о*-ксилол



1,2,3-триметилбензол (но не диметилтолуол или метилксилол)

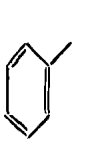


4-этилстирол, или *п*-этилстирол

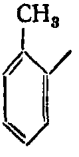


1-бутил-3-пропил-4-этилбензол

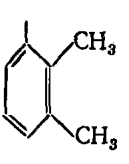
Названия одновалентных радикалов (арилов) ароматических углеводородов:



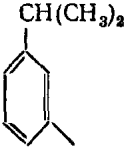
фенил



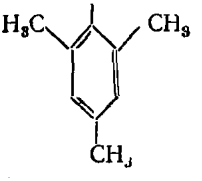
*о*-толил



2,3-ксилил

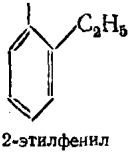


*м*-кумил



мезитил

Все другие радикалы называют как замещенный фенил, причем нумерация начинается с атома углерода со свободной валентностью:



2-этилфенил

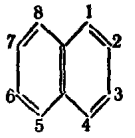
Для радикала с двумя свободными валентностями —$C_6H_4$— сохраняется название фенилен (соответственно *о*-, *м*-, *п*-).

Для радикалов с одной свободной валентностью в боковой цепи сохраняются тривиальные названия:

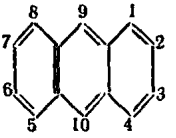
| | |
|---|---|
| бензил | $C_6H_5—CH_2—$ |
| стирил | $C_6H_5—CH=CH—$ |
| фенэтил | $C_6H_5—CH_2—CH_2—$ |
| тритил | $(C_6H_5)_3C—$ |
| циннамил | $C_6H_5—CH=CH—CH_2—$ |

* Приставки или их сокращенные обозначения не учитываются при определении алфавитного порядка перечисления замещающих групп.

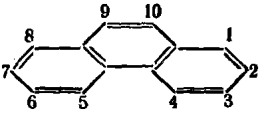
7. В конденсированных полициклических углеводородах углеродные атомы нумеруют следующим образом:




нафтален*

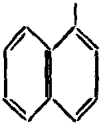



антрацен



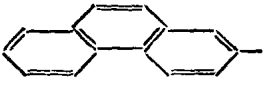

фенантрен

Одновалентные радикалы, образованные от конденсированных полициклических углеводородов, сохраняют нумерацию углеводородов, место свободной валентности обозначают соответствующей цифрой, например:



1-нафтил

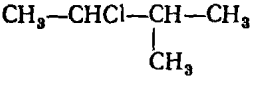
2-антрил



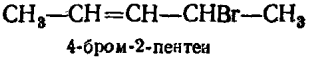
2-фенантрил

## Галогенопроизводные

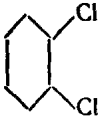
1. Галогенопроизводные углеводородов называют, прибавляя в качестве приставки название галогена к названию родоначального углеводорода. Нумеруют цепь так, чтобы заместитель, перечисляемый по алфавиту первым, получил наименьший номер. Если главная цепь не насыщена, то предпочтение в нумерации отдается центрам ненасыщенности:



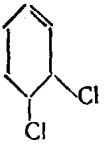

2-метил-3-хлорбутан




4-бром-2-пентен




1,2-дихлорциклогексан




3,4-дихлорциклогексен

1-бром-4-метилбензол

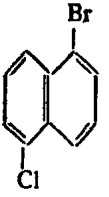
2. В галогенопроизводных конденсированных полициклических углеводородах сохраняется нумерация углеводородов:

---

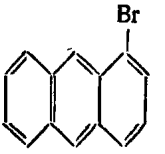
* В отечественной химической литературе сохранилось название «нафталин».



此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com




1-бром-5-хлорнафталин




1-бромантрацен

3. Для простейших галогенопроизводных допускаются названия по радикалам, например:

| | |
|---|---|
| хлористый метил | $CH_3Cl$ |
| хлористый *трет*-бутил | $(CH_3)_3CCl$ |
| хлористый бензил | $C_6H_5CH_2Cl$ |
| хлористый бензилиден | $C_6H_5CHCl_2$ |
| бромистый этилен* | $BrCH_2—CH_2Br$ |

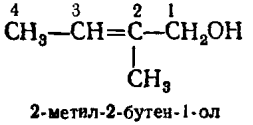
## Металлорганические соединения

Называя металлорганические соединения, к названию радикала прибавляют в качестве окончания название металла:

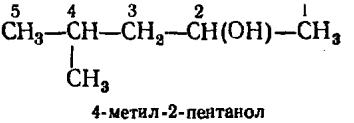
| | | | |
|---|---|---|---|
| $CH_3Na$ | $(CH_3)_2Zn$ | $CH_3MgI$ | $C_2H_5MgBr$ |
| метилнатрий | диметилцинк | иодистый метилмагний | бромистый этилмагний |

## Спирты, фенолы и их производные

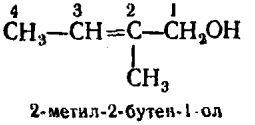
1. Спирты называют по самой длинной углеродной цепи, добавляя к названию углеводородов окончание *-ол*. Нумеруют цепь так, чтобы гидроксильная группа получила возможно меньший номер. Наличие в соединении двух или более гидроксильных групп обозначается соответственно окончаниями *-диол*, *-триол* и т. д.:



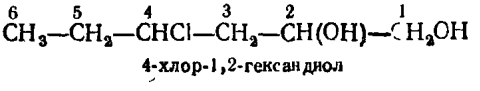

2-метил-2-бутен-1-ол



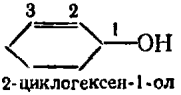

4-метил-2-пентанол




2-метил-2-бутен-1-ол




4-хлор-1,2-гександиол




2-циклогексен-1-ол

* В отечественной химической литературе часто используются названия метилхлорид, *трет*-бутилхлорид, бензилхлорид, бензилиденхлорид, этиленбромид.

Кроме того, спирты называют по радикально-функциональной номенклатуре. Радикально-функциональные названия образуют из названия радикала родоначального соединения и слова *спирт*:

| $CH_3OH$ | $(CH_3)_2CHOH$ | $(CH_3)_3COH$ |
|---|---|---|
| метиловый спирт | изопропиловый спирт | *трет*-бутиловый спирт* |

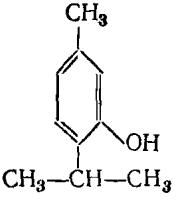
Для некоторых спиртов сохраняются тривиальные названия:

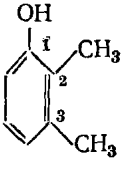
| | |
|---|---|
| аллиловый спирт | $CH_2=CH-CH_2OH$ |
| бензиловый спирт | $C_6H_5-CH_2OH$ |
| фенэтиловый спирт | $C_6H_5-CH_2-CH_2OH$ |
| этиленгликоль | $HOCH_2-CH_2OH$ |
| пропиленгликоль | $CH_3-CHOH-CH_2OH$ |
| пинакол** | $(CH_3)_2C(OH)-C(OH)(CH_3)_2$ |

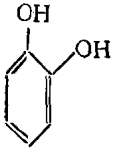
2. Простые фенолы сохраняют тривиальные названия:

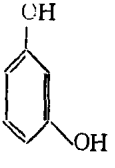
фенол

*n*-крезол

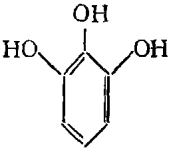

тимол

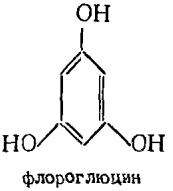

2,3-ксиленол

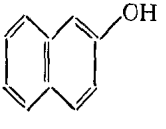

пирокатехин

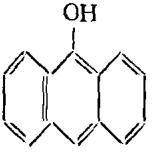

резорцин

гидрохинон


пирогаллол


флороглюцин


2-нафтол


9-антрол

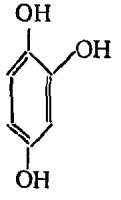
Систематические названия употребляются для более сложных фенолов, названия которых образуют путем прибавления окончания

---

* Применение названий по карбинолу (например, указанный спирт назывался бы триметилкарбинол) правилами ИЮПАК не рекомендуется.

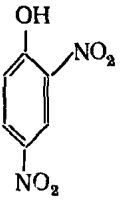
** В отечественной химической литературе употребляется название *пинакон*.

*-ол* к названию углеводорода. Положение гидроксильной группы указывается номером или для дизамещенных приставками *о-*, *м-*, *п-*:

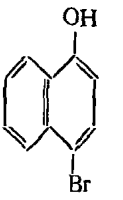


1,2,4-бензентриол

*п*-бромфенол, или 4-бромбензенол

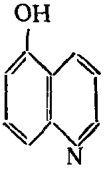


2,4-динитрофенол, или 2,4-динитробензенол

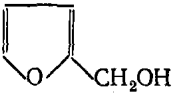


4-бром-1-нафтол, или 4-бромнафталенол

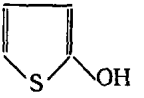
3. Названия спиртов в гетероциклических системах образуют, прибавляя окончание *-ол* к названию основы соответствующего соединения, если гидроксильная группа в соединении связана с атомом углерода, либо прибавлением приставки *гидрокси-* к названию основы соответствующего соединения, если гидроксильная группа связана с гетероатомом или если она присоединена к группе, названной как заместитель:



5-хинолинол*



2-гидроксиметилфуран



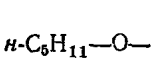
3-гидрокситиофен (а не тиофенол, которому соответствует формула $C_6H_5SH$)

4. Алкоголяты и феноляты называют, заменяя окончание *-ол* в систематическом названии спирта (фенола) на окончание *-олят*:

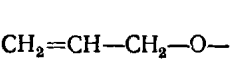
| $CH_3ONa$ | $(CH_3)_2CHONa$ | $C_6H_5ONa$ |
|---|---|---|
| *метанолят* натрия | 2-*пропанолят* натрия | *фенолят натрия* |

5. Простые эфиры называют, прибавляя к названию углеводорода в качестве приставки название *алкокси-* (RO—) или *арилокси-* (ArO—) группы. За основу соединения выбирают старший компонент, например $CH_3—O—C_2H_5$ называют метоксиэтан, а не этоксиметан.

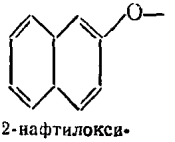
Названия алкокси- и арилоксигрупп образуют из названия радикала и окончания *-окси*:



пентилокси-



аллилокси-



2-нафтилокси-

---

* В отечественной химической литературе применяется название 5-гидроксихинолин.

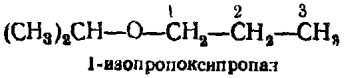
*Некоторые алкилокси- и арилоксигруппы* имеют сокращенные названия:

| | |
|---|---|
| метокси- | $CH_3O-$ |
| этокси- | $C_2H_5O-$ |
| пропокси- | $CH_3-CH_2-CH_2-O-$ |
| изопропокси- | $(CH_3)_2CH-O-$ |
| бутокси- | $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-O-$ |
| изобутокси- | $(CH_3)_2CH-CH_2-O-$ |
| *втор*-бутокси- | $CH_3-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{\vert}{CH}}-O-$ |
| *трет*-бутокси- | $(CH_3)_3C-O-$ |
| фенокси- | $C_6H_5-O-$ |

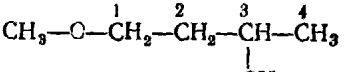
Названия двухвалентных радикалов образуют подобным же образом от названия радикалов углеводородов:

| | |
|---|---|
| метилендиокси- | $-O-CH_2-O-$ |
| этилендиокси- | $-O-CH_2-CH_2-O-$ |
| триметилендиокси- | $-O-CH_2-CH_2-CH_2-O-$ |
| карбонилдиокси- | $-O-CO-O-$ |
| сульфонилдиокси- | $-O-SO_2-O-$ |

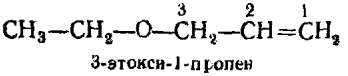
Примеры названий простых эфиров:



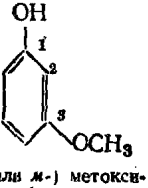
1-изопропоксипропан



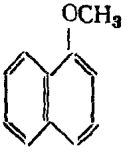
1-метокси-3-метилбутан



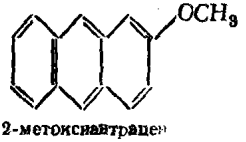
3-этокси-1-пропен



3-(или *м*-) метоксифенол



1-метоксинафталин



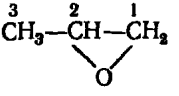
2-метоксиантрацен

Простые эфиры называют радикально-функциональными назва-

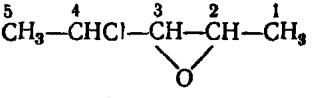
ниями, которые образуют путем перечисления радикалов с последующим добавлением окончания «овый» и слова «эфир»: $CH_3—O—C_2H_5$ метилэтиловый эфир.

В ароматическом ряду сохраняются многие тривиальные названия, например анизол $C_6H_5OCH_3$, фенетол $C_6H_5OC_2H_5$ и т. д.

Циклические простые эфиры — органические окиси — называют, прибавляя к названию углеводорода приставку *эпокси-* с указанием двух номеров, соответствующих углеродным атомам оксиранового цикла:



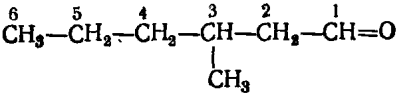
1,2-эпоксипропан



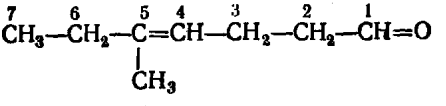
4-хлор-2,3-эпоксипентан

## Альдегиды и кетоны

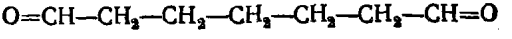
1. Алифатические альдегиды называют по самой длинной углеродной цепи, прибавляя к названию алифатического углеводорода окончание *-аль*. Наличие в соединении двух альдегидных групп обозначается окончанием *-диаль*. Нумерацию цепи начинают от углеродного атома, принадлежащего альдегидной группе. В названии номер при альдегидной группе, как правило, не ставят:



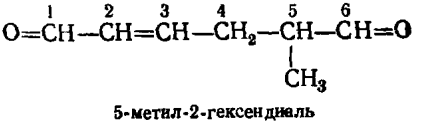
3-метилгексаналь



5-метил-4-гептеналь

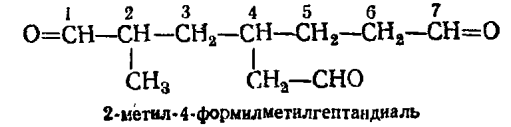


гептандиаль

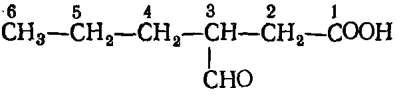


5-метил-2-гексендиаль

2. Если в соединении имеется другая группа, имеющая преимущество в перечислении как главная группа (см. с. 31), то альдегидную группу в ациклических соединениях называют *формил*, или, если в соединении есть другие цепи (ответвления от главной цепи), несущие альдегидные группы, их называют, используя приставку *формилалкил-*:

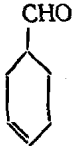


2-метил-4-формилметилгептандиаль

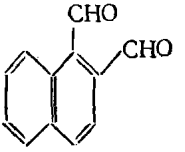


3-формилгексановая кислота

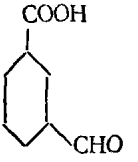
Название альдегида, в котором альдегидная группа непосредственно присоединена к углеродному атому циклической системы, образуют, добавляя окончание *-карбальдегид* к названию циклической системы. Если в циклической системе есть другая группа, имеющая преимущество в перечислении (см. с. 31), то альдегидную группу называют приставкой *формил-*:



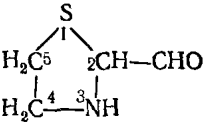
3-циклогексенкарбальдегид



1,2-нафталиндикарбальдегид

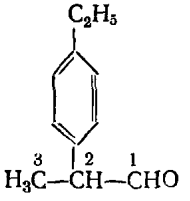


3-формилциклогексанкарбоновая кислота

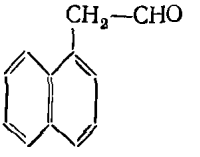


2-тиазолидинкарбальдегид

3. Циклические альдегиды с альдегидной группой в боковой цепи рассматривают как замещенные алифатические альдегиды. Название образуют из названия алифатического альдегида и радикала в качестве приставки, причем допускается тривиальное название альдегида:



2-(4-этилфенил)пропаналь



(1-нафтил)ацетальдегид

4. Для альдегидов допускаются тривиальные названия, если соответствующая кислота имеет тривиальное название. Название альдегида образуют из тривиального названия кислоты, заменяя в названии кислоты слово *кислота* на *альдегид*:

формальдегид $CH_2O$

ацетальдегид $CH_3—CHO$

пропионовый альдегид $CH_3—CH_2—CHO$

масляный альдегид $CH_3—CH_2—CH_2—CHO$

изомасляный альдегид $(CH_3)_2CH—CHO$

валериановый альдегид $CH_3(CH_2)_3—CHO$

изовалериановый альдегид $(CH_3)_2CH—CH_2—CHO$

акриловый альдегид $CH_2=CH—CHO$

кротоновый альдегид $CH_3—CH=CH—CHO$

бензальдегид $C_6H_5—CHO$

коричный альдегид $C_6H_5—CH=CH—CHO$



此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com