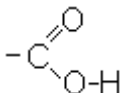


# КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ

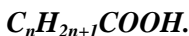
## Строение. Номенклатура

Карбоновыми кислотами называются производные углеводов, молекулы которых содержат одну или несколько карбоксильных групп:



Эта сложная группа состоит из двух простых групп: карбонильной  $\text{C}=\text{O}$  и гидроксидной  $-\text{OH}$ . Водород карбоксильной группы обуславливает кислые свойства, а количество карбоксильных групп в молекуле кислоты определяет ее основность.

Предельные одноосновные кислоты – содержат одну группу  $-\text{COOH}$ . Они образуют гомологический ряд с общей формулой:



Здесь карбоксил соединен с углеводородным радикалом. Простейшим представителем этого ряда является муравьиная кислота  $\text{H}-\text{C}(=\text{O})-\text{OH}$ , у которой карбоксил соединен не с углеводородным радикалом, а с атомом водорода.

Для низших членов ряда карбоновых кислот употребляются тривиальные названия: муравьиная кислота, уксусная, масляная и т. д.

По рациональной номенклатуре пользуются названием, где сложная кислота рассматривается как производное уксусной или другой менее сложной кислоты.

По современным международным правилам название карбоновой кислоты составляется добавлением к названию углеводорода окончания **-ОВАЯ** и слово **«кислота»**. Углеродный атом карбоксильной группы определяет начало нумерации и входит в счет атомов главной углеродной цепи. В табл. приведены формулы и названия некоторых карбоновых кислот.

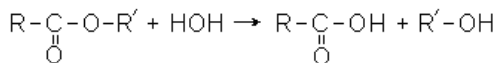
## Названия некоторых карбоновых кислот

Формула	Названия	
	Тривиальные	По современной международной номенклатуре
$\text{H} - \text{COOH}$	Муравьиная	Метановая
$\text{CH}_3 - \text{COOH}$	Уксусная	Этановая
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{COOH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Изомасляная, диметилуксусная	2-Метилпропановая
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{COOH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Изовалериановая, изопропилуксусная	3-Метилбутановая
$\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$	Бензойная	
$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{COOH}$	Фенилуксусная	

### Природные источники и способы получения

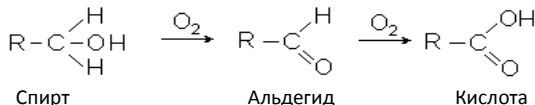
В природных условиях некоторые кислоты встречаются в свободном состоянии (муравьиная в муравьях) или, гораздо чаще в виде сложных эфиров.

1. *Из сложных эфиров свободные кислоты получают путем омыления:*

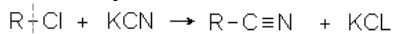


Ароматические кислоты в свободном состоянии и в виде сложных эфиров входят в состав ряда смол: бензойной смолы, толуанского и перуанского бальзамов. Бензойную кислоту вначале получали путем возгонки бензойной смолы (в дальнейшем синтетические способы вытеснили этот способ.)

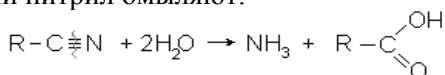
2. *Из альдегидов (и первичных спиртов)* кислоты получают путем их окисления:



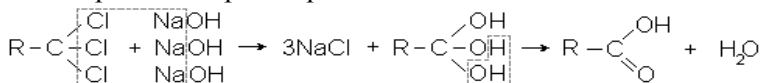
3. *Из моногалогенопроизводных углеводородов* кислоты можно получать различными путями. Например, при действии цианистым калием получают нитрил, или цианид:



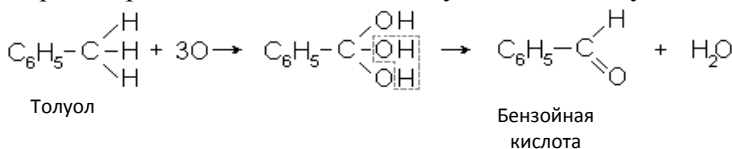
Полученный нитрил омыляют:



4. **Из трех галогенпроизводных углеводов** (с галогенами стоящими у одного и того же атома углерода) кислоты получаются при их нагревании с растворами едких щелочей:



5. **Ароматические кислоты легко получают окислением боковых цепей ароматических углеводов.** Например, при кипячении толуола с раствором  $KMnO_4$ , особенно быстро в кислой среде, происходит окисление толуола в бензойную кислоту:



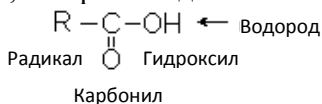
### Физические свойства

Низшие представители класса алифатических кислот – легкоподвижные жидкости, далее, начиная с валериановой кислоты, идут кислоты, имеющие характер маслянистых жидкостей, высшие – твердые вещества.

Простейшие кислоты смешиваются с водой в любых соотношениях, кислоты, начиная с валериановой, растворяются в воде в известных пределах; высшие представители в воде не растворяются. В спирте и в эфире все кислоты хорошо растворимы.

### Химические свойства

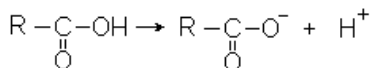
Для удобства рассмотрения свойств и реакций карбоновых кислот их можно разделить на группы в соответствии с теми атомами и группами атомов, которые входят в их молекулы:



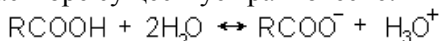
#### 1. Свойства водорода в карбоксиле кислот

А. Диссоциация кислот.

Все карбоновые кислоты, подобно неорганическим кислотам, обладают кислыми свойствами, окрашивая лакмус в красный цвет. Это явление обусловлено диссоциацией кислот, т. е. расщеплением их на ионы.



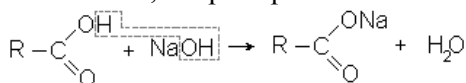
В водном растворе существует равновесие:



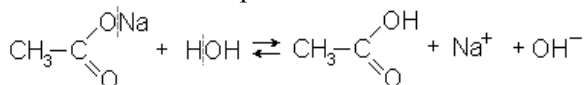
Как правило, карбоновые кислоты значительно слабее, чем минеральные, т. е. степень диссоциации карбоновых кислот гораздо меньше. Из карбоновых кислот наиболее сильной является муравьиная.

Ароматические кислоты диссоциированы в большей степени, чем жирные. В этом проявляется влияние остатка бензола.

**Б.** Замещение водорода карбоксила кислоты металлом происходит при взаимодействии с некоторыми достаточно энергичными металлами (реакция с щелочными металлами протекает обычно бурно), окислами некоторых металлов и щелочами (нейтрализация) с образованием солей, например:

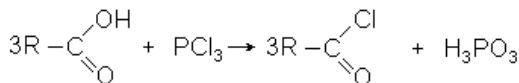


Так как органические кислоты слабые, то соли их в водных растворах обычно сильно гидролизуются:



## 2. *Свойства гидроксильной карбонильной группы.*

**А.** Замещение гидроксильной группы в карбоксиле кислоты на галоген происходит при действии на кислоту соединений фосфора с галогенами ( $\text{PCl}_5$ ,  $\text{PCl}_3$ ,  $\text{POCl}_3$ ):

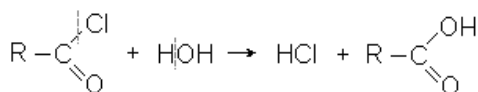


Галогенангидрид  
кислоты

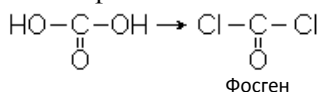
Так как остаток кислоты называется **ацилом**, галогенангидриды кислот называют **галогенацилами**.

Так галогенангидрид уксусной кислоты  
 $\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{Cl}$  часто называют **хлористым ацетилом**.

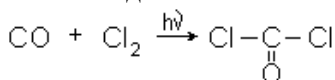
Галогенангидриды – непрочные соединения, они разлагаются водой (для первых представителей достаточно водяных паров из воздуха) на хлористый водород и соответствующую кислоту.



Галогенангидриды широко применяются в различных синтезах для введения в молекулу остатка кислоты. Дихлорангидридом угольной кислоты является фосген:

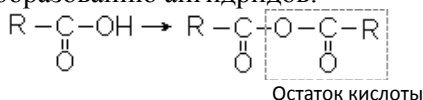


Он может быть получен путем непосредственного соединения CO и Cl<sub>2</sub> при каталитическом действии солнечного света:

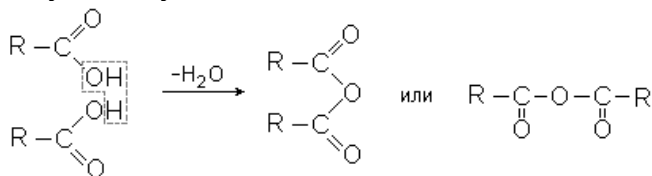


**Фосген** – бесцветный газ с удушливым запахом прелого сена; очень ядовит, применялся в качестве отравляющего вещества в Первой мировой войне.

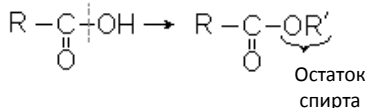
Б. Замещение гидроксила в карбоксиле остатком кислоты приводит к образованию ангидридов:



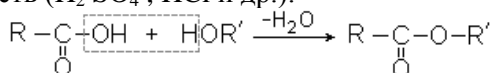
Ангидриды карбоновых кислот можно рассматривать как продукт, получающийся в результате отнятия одной молекулы воды от двух молекул кислоты:



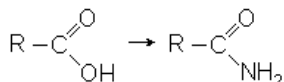
**В.** Замещение гидроксила в карбоксиле остатком спирта приводит к образованию **сложных эфиров**:



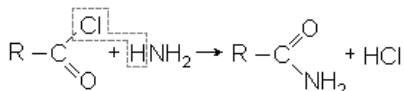
Один из простейших способов перевода кислот в сложные эфиры – нагревание кислот со спиртами в присутствии водоотнимающих веществ ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HCl}$  и др.):



**Г.** Замещение гидроксила в карбоксиле остатком аммиака – аминогруппой  $\text{NH}_2$  – приводит к образованию **амидов кислот**:

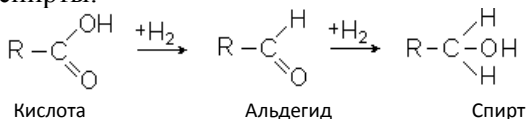


Практически амиды легко получить из галогенангидридов кислот, действуя аммиаком:

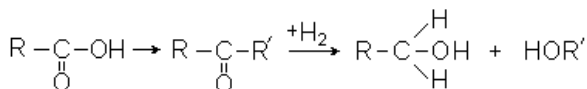


### 3. **Свойства карбонильной группы**

Кислоты, подобно альдегидам и кетонам, содержат карбонильную группу. Однако в то время как карбонильная группа альдегидов (в меньшей степени кетонов) обуславливает ряд реакций, карбонильная группа свободных кислот при обычных условиях такими свойствами не обладает. Например, реакция присоединения водорода, протекающая легко с альдегидами и кетонами и приводящая к восстановлению их в спирты, с кислотами в столь мягких условиях не протекает. Лишь при помощи особых каталитических методов с большим трудом удается перевести кислоты в альдегиды и спирты:

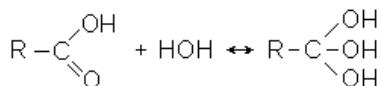


Способность карбонильной группы кислот к присоединению значительно увеличивается, если предварительно **превратить кислоту в сложный эфир**:

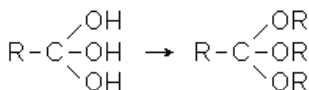


#### *Присоединение воды*

Продукты присоединения воды к карбонилу кислоты, носящие названия **ортогидратных форм кислот или ортогидратов**, еще менее прочны, чем гидраты альдегидов, и существуют лишь в водных растворах:

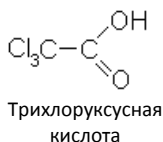
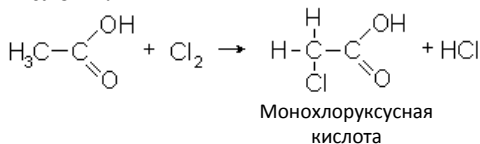


Их не удается выделить в свободном виде, вследствие их непрочности, но известны производные ортогидратов – эфиры, носящие названия **ортоэфиров**:



#### **4. Свойства радикала карбоновых кислот**

Атомы водорода в радикале кислот способны замещаться, например, при действиях галогенов. В этом случае получают **галогенокислоты**, которые являются производными кислот, у которых один или несколько атомов водорода в радикале замещены галогенами. При действии хлора на уксусную кислоту получают хлоруксусные кислоты:

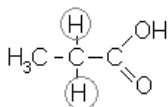


При достаточном количестве галогена реакция идет дальше. С замещением второго и третьего атома водорода, например трихлоруксусная кислота.

Галогенирование кислот ускоряется при действии солнечного света, а также катализаторов, например следов иода. Галоген в галогенокислотах в отличие от галогена в галогенангидридах связан довольно прочно. Галогенокислоты являются более сильными кислотами, чем исходные кислоты, не содержащие галогена, причем на константу диссоциации большое

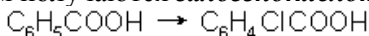
влияние оказывает положение галогена в радикале: чем ближе стоит галоген к карбоксилу, тем сильнее кислота.

Галогенкислоты играют важную роль как промежуточные продукты при синтезе ряда соединений, так как атомы галогена можно легко заменить на различные группы атомов, например OH (получается оксид кислоты),  $\text{NH}_2$  (получаются аминокислоты) и т. д.

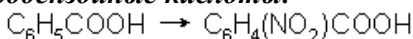


Из атомов водорода в радикале наиболее легко обмениваются атомы, связанные с атомами углерода, стоящими непосредственно около карбоксильной группы.

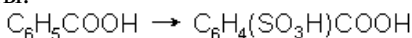
Атомы водорода в остатке бензола в ароматических кислотах могут замещаться так же, как в ароматических углеводородах, различными атомами и группами атомов. При замещении атомов водорода галогеном получают **галогенокислоты**, например:



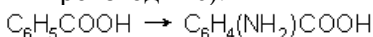
В результате замещения атомов водорода нитрогруппой получают **нитробензойные кислоты**:



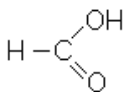
Замещение атомов водорода сульфогруппой приводит к образованию **сульфоароматических кислот**, например сульфобензойной кислоты:



В результате замещения атомов водорода в бензольном ядре ароматической кислоты на аминогруппу получают **аминобензойные кислоты** (или их производные):



### Отдельные представители (муравьиная кислота, уксусная кислота)

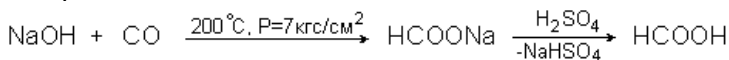


**Муравьиная кислота, или метановая кислота**, – простейший представитель класса кислот. В свободном состоянии встречается в организме и едких выделениях муравьев, жгучей крапиве и в небольших количествах в моче и поте животных. Муравьиная кислота – едкое вещество: капли ее вызывают на коже пузыри.

Применяется при крашении тканей в составе закрепителей при омеднении выкрасок, полученных при крашении прямыми азокрасителями  $(\text{HCOO})_2\text{Cu}$ .

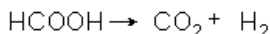


В промышленности муравьиную кислоту получают нагреванием окиси углерода с порошкообразным едким натром с последующей обработкой образовавшегося формиата натрия разбавленной серной кислотой:



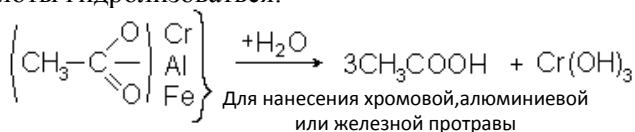
Технический продукт после перегонки представляет собой 85%-ю муравьиную кислоту.

Муравьиная кислота отличается рядом особенностей. Под влиянием водоотнимающих веществ муравьиная кислота разлагается. Эта реакция используется для получения чистой окиси углерода:



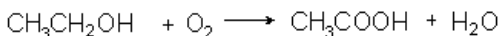
**Уксусная кислота**  $\text{CH}_3\text{COOH}$  широко распространена в природе: содержится в выделениях животных (моче, желчи), в растениях (в зеленых листьях), образуется при брожении, скисании вина, пива, содержится в кислом молоке и сыре. Безводная уксусная кислота имеет температуру плавления  $+16,6^\circ\text{C}$ , кристаллы ее прозрачны, как лед, поэтому ее называли «ледяной уксусной кислотой». Впервые была получена в таком виде в конце XVIII-го в. русским ученым Т. Е. Ловицем. Обычная техническая уксусная кислота имеет концентрацию 70–80 %. Широко применяется при крашении и ситцепечатании для создания  $\text{pH} = 3\div 5$  в красильных ваннах при использовании кислотных красителей. Большое количество уксусной кислоты используется при синтезе красителей.

В красильной промышленности используют способность уксусной кислоты гидролизываться:



Уксусная кислота в промышленности производится окислением ацетальдегида кислородом воздуха в присутствии марганцевых катализаторов, уксуснокислым брожением жидкостей, содержащих этиловый спирт. Последний способ относится к биохимическим (микробиологическим) процессам. Под влиянием «уксусного гриба», зародыши которого всегда присутствуют в воздухе, содержащие спирт жидкости «скисают», образуя натуральный уксус.

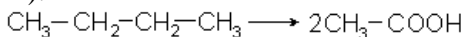
1. Процесс сложен, но суммарно уравнение реакции можно записать так:



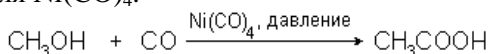
Натуральный уксус содержит около 5 % уксусной кислоты. Из него путем фракционной перегонки приготавливают уксусную эссенцию, используемую в пищевой промышленности для консервирования овощей, грибов, рыбы.

2. Сухая перегонка древесины. Способ сейчас имеет значение лишь для утилизации отходов лесотехнической промышленности.

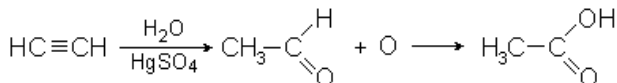
3. Из углеводов нефти – прямым окислением бутана ( $200^\circ\text{C}$ ;  $50\text{ кгс/см}^2$ ):



4. Из метилового спирта оксосинтезом в присутствии тетракарбонилникеля  $\text{Ni}(\text{CO})_4$ :

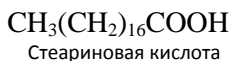
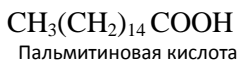


5. Из ацетилена по реакции Кучерова получают уксусный альдегид (ацетальдегид), который окисляют далее в уксусную кислоту.



## ВЫСШИЕ ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ

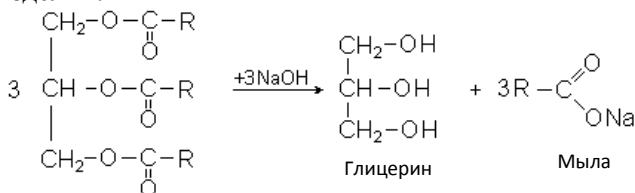
Особое место среди жирных кислот занимают высокомолекулярные кислоты:



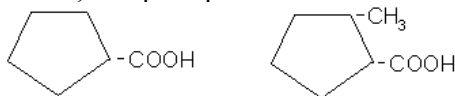
Глицериды этих кислот являются главной составной частью природных жиров и масел.

В настоящее время большие количества высших жирных кислот получают окислением парафина. Окисление проводят, продувая воздух через расплавленный парафин в присутствии окислов марганца при  $100^\circ\text{C}$ . После промывки низкие кислоты  $\text{C}_1 - \text{C}_4$  переходят в раствор, откуда их выделяют отгонкой. Высшие жирные кислоты  $\text{C}_5 - \text{C}_{22}$  нейтрализуют, после чего выделяют действием серной кислоты и затем разгоняют. Из 1000 кг парафина получается 50–60 кг низших и 600–700 кг высших кислот.

Получаемые из нефти жирные кислоты используют в технике. Из них изготовляют мыла, смазочные материалы для защиты металлов, применяют в горно-рудной и металлообрабатывающей промышленности, при изготовлении резины, линолеума, лакокрасочных изделий.



**Нафтеновые кислоты**, кислоты нефти, открыты М. В. Марковниковым в 1892 г. Природная нефть содержит небольшое количество (до 1 %) этих кислот. Главным образом это алициклические кислоты с пятичленным циклом – циклопентанкарбоновая кислота и её гомологи, например:



При очистке нафтовых продуктов щелочью образуются натриевые соли этих кислот, обладающие моющей способностью, так называемый **мылонафт**.

## НЕПРЕДЕЛЬНЫЕ ОДНООСНОВНЫЕ КИСЛОТЫ

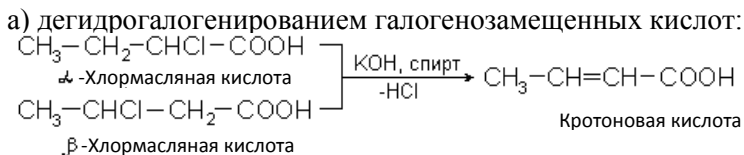
### Номенклатура

В молекулах непредельных кислот в радикале, связанном с карбоксильной группой, имеются кратные связи. Ненасыщенные кислоты с одной двойной связью в молекуле имеют общую формулу  $C_nH_{2n-1}COOH$ .

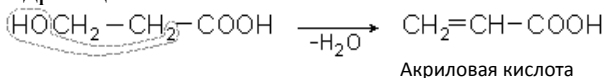
Простейшей из них является акриловая кислота –  $CH_2=CH-COOH$ .

### Способы получения

1. *Из замещенных кислот путем образования в радикале двойной связи:*

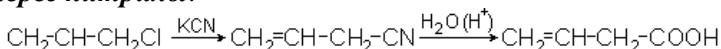


б) дегидратацией оксикислот:



Особенно легко протекают реакции для соединений, содержащих отщепляемые группы в β-положении (Cl, OH и др.).

**2. Из галогенсодержащих непредельных соединений синтезом через нитрилы:**

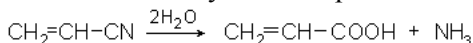


### Отдельные представители

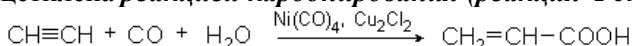
(акриловая кислота, метакриловая кислота)

**Акриловая (пропеновая) кислота** представляет собой жидкость с резким запахом,  $t_{\text{кип}} = 140^\circ\text{C}$ ,  $t_{\text{пл.}} = +13^\circ\text{C}$ ,  $\rho = 1,06 \text{ г/см}^3$ . С водой смешивается во всех отношениях.

В промышленности ее получают гидролизом акрилонитрила:

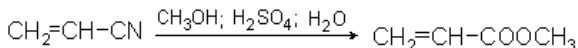


или из ацетилена **реакцией карбонирования (реакция Ренне):**



Сама кислота и ее производные (акрилонитрил, эфиры) легко полимеризуются и служат сырьем для получения разнообразных высокомолекулярных соединений.

Широко используется в промышленности метиловый эфир акриловой кислоты **метилометакрилат**, который легко полимеризуется с образованием прозрачных продуктов. Получают метилметакрилат из акрилонитрила и метилового спирта в присутствии серной кислоты:

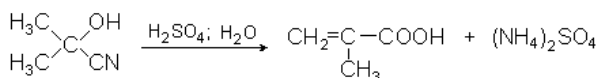


**Метакриловая кислота** – жидкость  $t_{\text{кип.}} = 160^\circ\text{C}$ ,  $t_{\text{пл.}} = +15^\circ\text{C}$ ,  $\rho = 1,05 \text{ г/см}^3$ . В промышленности получают из ацетона и синильной кислоты:

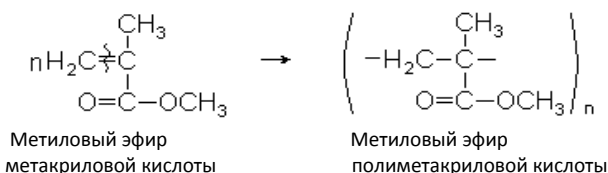


Ацетонциангидрин,  
2-окси-2-метилпропаннитрил

Ацетонциангидрин при нагревании с серной кислотой подвергается дегидратации и омылению с образованием метакриловой кислоты:



Этот эфир как и другие акрилаты при полимеризации образует стекловидные полимеры (органические стекла) с ценными техническими свойствами – **плексиглас**.

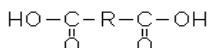


Плексиглас широко применяется в медицинском приборостроении.

## ДВУХОСНОВНЫЕ ПРЕДЕЛЬНЫЕ КИСЛОТЫ

**Двухосновными или дикарбоновыми кислотами** называются производные углеводородов, которые можно рассматривать как продукт замещения двух атомов водорода двумя карбоксилами.

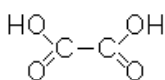
Общая формула двухосновных кислот:



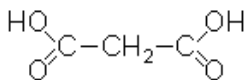
Простейшей двухосновной кислотой является соединение, состоящее из двух карбоксильных групп – щавелевая кислота:

### Номенклатура

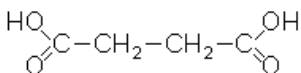
Как и в случае одноосновных кислот, для обозначения многих двухосновных кислот часто пользуются эмпирическими названиями.



Так, простейшая двухосновная кислота называется **щавелевой кислотой**, потому что впервые была найдена в щавеле.



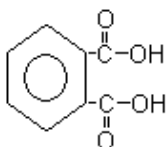
Следующий представитель – с тремя углеродными атомами – называется **молотовая кислота**.



С четырьмя атомами углерода называется **янтарная кислота**, впервые была получена из янтаря.

Иногда названия двухосновных кислот производят от названий углеводов, радикалы которых содержатся в этих кислотах, прибавляя слова «дикарбоновая кислота». Так молоновую кислоту называют метандикарбоновой кислотой, янтарную – этандикарбоновой кислотой и. т. д.

По международной номенклатуре названия двухосновных кислот производят от названий углеводов с тем же общим числом атомов углерода. Так щавелевая кислота называется этандиановая кислота, молонвая – пропандиновая кислота и янтарная – бутандионовая кислота.

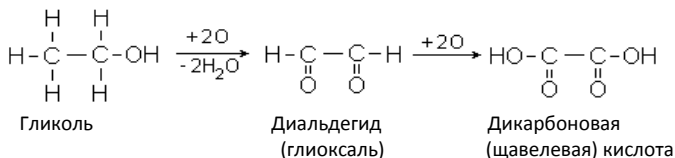


Важнейший представитель двухосновных ароматических кислот – О-фенилендикарбоновая кислота, называемая **фталевой кислотой**.

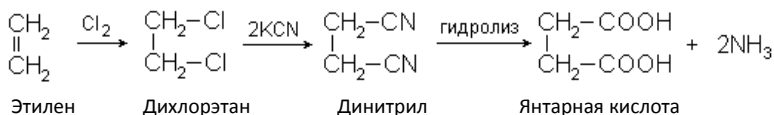
### Способы получения

Общие методы получения двухосновных кислот аналогичны способам получения одноосновных кислот, например:

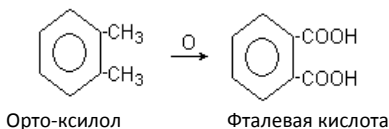
#### 1. Окисление двупервичных гликолей:



#### 2. Гидролиз (омыление) динитрилов:



Двухосновные ароматические кислоты можно легко получить окислением ароматических углеводородов, имеющих боковые цепи:



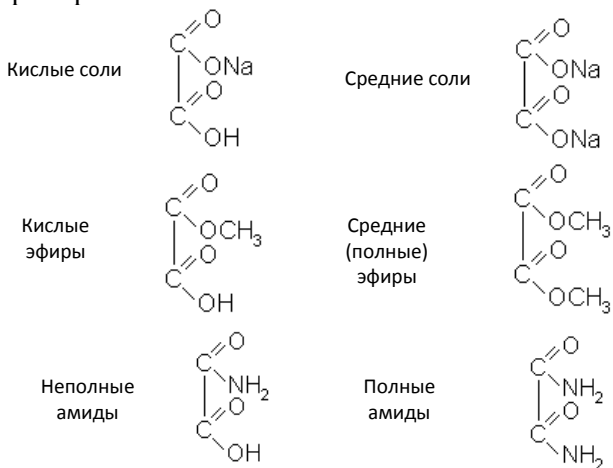
## Физические и химические свойства

Все дикарбоновые кислоты представляют собой твердые кристаллические вещества, растворимые в воде.

Двухосновные карбоновые кислоты более сильные, чем одноосновные с тем же числом атомов углерода. Кислотность двухосновных кислот тем выше, чем короче цепь атомов углерода, связывающих карбоксильные группы. В соответствии с этим щавелевая кислота – самая сильная из двухосновных кислот.

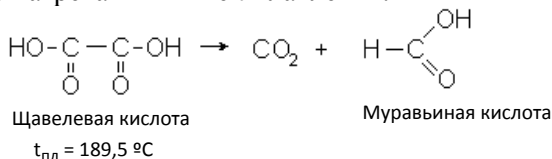
Двухосновные кислоты вступают в те же реакции, которые свойственны и одноосновным кислотам. Обладая двумя карбоксильными группами, двухосновные кислоты дают два ряда производных, в образовании которых участвуют один карбоксил или два карбоксила.

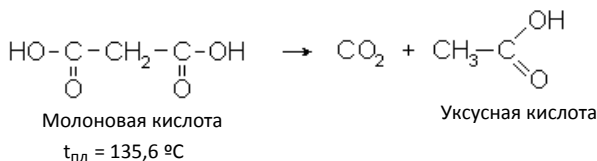
Например:



Кроме того существуют реакции характерные только для двухосновных кислот.

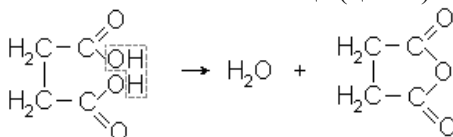
1. Разложение с выделением из одного карбоксила  $\text{CO}_2$  и превращением в одноосновную кислоту. Для такого разложения достаточно нагревания выше  $t$  плавления.



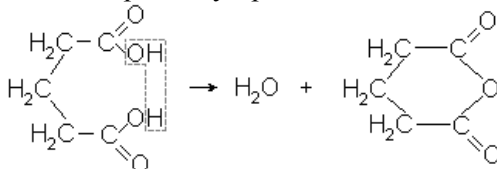


2. Образование из дикарбоновых кислот их циклических производных.

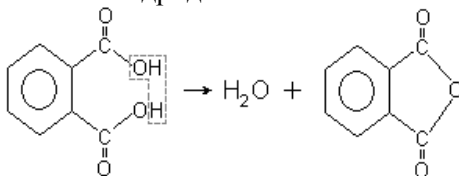
При нагревании янтарной кислоты происходит выделение одной молекулы воды и образование ангидрида янтарной кислоты, имеющего строение пятичленного кольца (цикла):



При нагревании следующего гомолога янтарной кислоты – глутаровой кислоты – также образуется ангидрид циклического строения, кольцо ангидрида глутаровой кислоты имеет шесть атомов:



Аналогично двухосновная ароматическая фталевая кислота очень легко теряет воду и превращается в ангидрид фталевой кислоты или фталевый ангидрид:



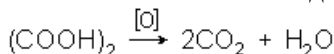
**Отдельные представители (щавелевая кислота, молоновая кислота, янтарная кислота, адипиновая кислота, фталевая кислота, терефталевая кислота)**

**Щавелевая кислота** встречается в виде солей во многих растениях, например в щавеле и кислице. Она кристаллизуется из



воды в виде дигидрата  $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  с  $t_{\text{плав.}} = 101,5^\circ\text{C}$ . Кристаллизационная вода удаляется медленной сушкой при  $110\text{--}120^\circ\text{C}$ . Безводная кислота плавится при  $189^\circ\text{C}$ .

Щавелевая кислота способна окисляться до  $\text{CO}_2$  и воды:



На этом основано ее применение в качестве восстановителя и для установления титра марганцовокалиевой соли.

При нагревании выше температуры плавления, в присутствии концентрированной  $\text{H}_2\text{SO}_4$  происходит разложение щавелевой кислоты:



В технике щавелевую кислоту получают:

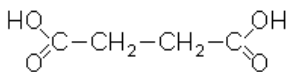
1) окислением древесных опилок кислородом воздуха при нагревании их с расплавленным едким калием или смесью едких калия и натрия;

2) при быстром нагревании до  $400^\circ\text{C}$  калиевой или натриевой соли муравьиной кислоты:



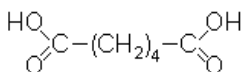
**Диэтиловый эфир молоновой кислоты, называемый обычно молоновым эфиром** обладает высокой химической активностью и способен к ряду интересных химических превращений. Молоновое вещество представляет собой жидкость с приятным фруктовым запахом. Он применяется при ряде синтезов лекарственных веществ, например при получении барбитала.

**Янтарная кислота**, этандикарбоновая кислота или бутандионовая кислота содержится в янтаре, в буром угле, во многих растениях, особенно много ее в недозрелых фруктах.



Янтарная кислота – твердое кристаллическое вещество с  $t_{пл} = 182,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В технике получается гидрированием малеиновой кислоты и из природной смолы – янтаря путем сухой перегонки.

Янтарную кислоту можно применять в реакциях поликонденсации с гликолями; некоторые эфиры янтарной кислоты служат пластификаторами.

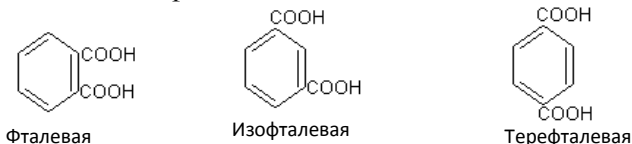


**Адипиновую кислоту** – белое кристаллическое вещество с  $t_{пл} = 153\text{ }^{\circ}\text{C}$  в больших количествах приготавливают окислением азотной кислотой циклогексанола. Используют для производства волокон – капрона и нейлона.



### Фталевые кислоты

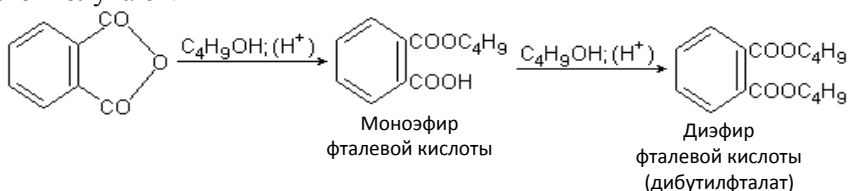
При окислении ароматических углеводородов, содержащих в молекуле две боковые цепи, в зависимости от расположения боковых цепей могут быть получены три изомерные дикарбоновые кислоты, называемые фталевыми:



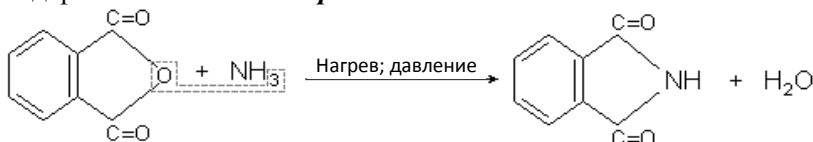
**Фталевая кислота** – кристаллическое вещество,  $t_{пл} = 206 - 208\text{ }^{\circ}\text{C}$  (с разложением), растворима в горячей воде. Ее получают окислением нафталина. Практически сразу получается фталевый ангидрид.



Широкое применение в качестве пластификаторов для пластических масс нашел диэфир фталевой кислоты **дибутилфталат**, его получают:



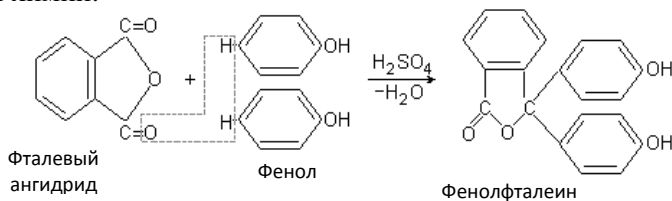
При взаимодействии с аммиаком фталевый ангидрид образует имид фталевой кислоты – **фталимид**:

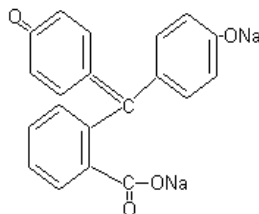


Фталимид – твердое вещество, служит исходным веществом для технического синтеза ценного красителя индиго и ряда других соединений. При конденсации фталевого ангидрида с бензолом в присутствии хлористого алюминия получается **антрахинон**, широко применяемый в производстве красителей (промышленный способ).

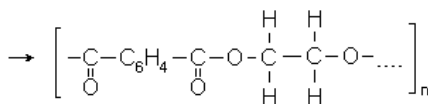
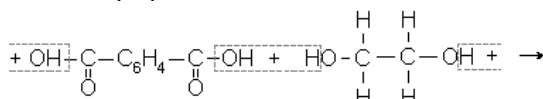


**Фталенины** – продукты конденсации фталевого ангидрида с фенолами. Важным представителем группы фталенинов является **фенолфталейн** – индикатор широко применяемый в аналитической химии:



Oc1ccc(cc1)C23C(=O)Oc4ccccc4C2(c3ccccc33)c5ccccc51
$$\xrightarrow{\text{NaOH}}$$


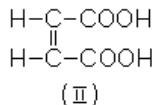
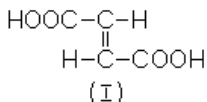
**Терефталевая**, или п-фенилкарбоновая, кислота (изомер фталевой кислоты) применяется в большом количестве для синтеза ценного волокна – **лавсан (терилен)**. Лавсан – полиэфир, получаемый конденсацией терефталевой кислоты и этиленгликоля:



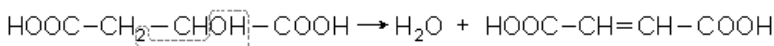
## ДВУХОСНОВНЫЕ НЕПРЕДЕЛЬНЫЕ КИСЛОТЫ

$\text{HOOC}-\text{CH}=\text{CH}-\text{COOH}$

Наиболее простые ненасыщенные двухосновные кислоты – фумаровая и малеиновая имеют одну и ту же структурную формулу, но разную пространственную конфигурацию. Фумаровая (I) – *транс*-, а малеиновая (II) – *цис*-изомер:



Обе кислоты получаются при нагревании яблочной кислоты:



Фумаровая, малеиновая  
кислота