



Учреждение образования
«Белорусская государственная
орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени
сельскохозяйственная академия»



Кафедра биологии растений и химии

ХИМИЯ

**Теоретический раздел
Лекция
Альдегиды и кетоны**

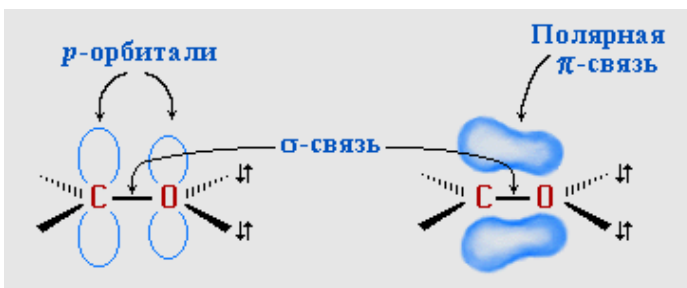
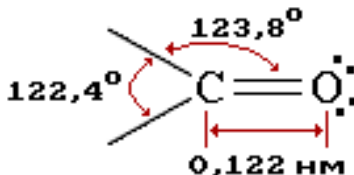


АЛЬДЕГИДЫ И КЕТОНЫ

1. Альдегиды и кетоны: их номенклатура и изомерия

Альдегидами и кетонами называются производные углеводородов, содержащие карбонильную группу, или оксогруппу >C=O . В альдегидах, как правило, карбонильная группа связана одной из своих свободных валентностей с атомом водорода, другой – с каким-либо углеводородным радикалом. Все альдегиды содержат группу CONH , называемую альдегидной. В кетонах карбонильная группа двумя своими валентностями соединена с какими-либо углеводородными радикалами. Альдегиды и кетоны бывают насыщенными, ненасыщенными и ароматическими. Предельные альдегиды и кетоны с одинаковым числом углеродных атомов изомерны друг другу и имеют одну и ту же суммарную формулу.

Строение карбонильной группы



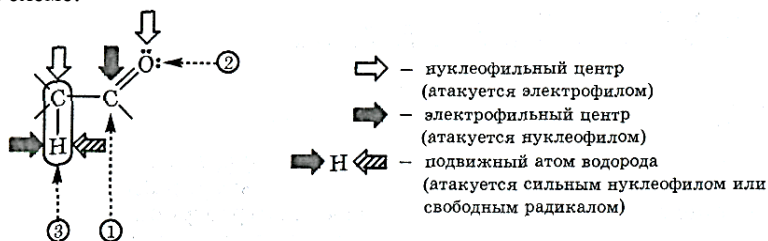
Альдегиды называют или по кислотам, в которые они переходят при окислении (тривиальная номенклатура), или по названию предельных углеводородов с добавлением окончания *-аль* (систематиче-



ская номенклатура IUPAC). Кетоны по рациональной номенклатуре называют по названию радикалов, входящих в их молекулу, с добавлением окончания *-кетон*. По систематической номенклатуре IUPAC кетоны называют по названию соответствующего углеводорода с добавлением окончания *-он* и с указанием местонахождения карбонильной группы.

Наличие карбонильной группы обуславливает высокую реакционную активность альдегидов и кетонов и определяет их способность к многочисленным и разнообразным реакциям.

π -связь образована p -электронами атомов углерода и кислорода. Реакционные центры альдегидов и кетонов обусловлены наличием в их молекулах карбонильной группы. Группа содержит атомы углерода и кислорода в состоянии sp^2 -гибридизации, поэтому их σ -связь и две другие σ -связи, образованные карбонильным атомом углерода, лежат в одной плоскости, а π -связь, образованная за счет бокового перекрывания негибридизованных p -орбиталей атомов углерода и кислорода, перпендикулярна ей. Двойная связь C=O по сравнению со связью C=C является одновременно и более реакционноспособной, и более прочной, что обусловлено ее высокой полярностью. В то же время карбонильная группа имеет и высокую поляризуемость. Это означает, что имеющиеся на атомах карбонильной группы значительные эффективные заряды могут быть дополнительно увеличены под действием внешних факторов, включая воздействие атакующих реагентов. Вызванное электроноакцепторным влиянием атома кислорода смещение электронной плотности в молекулах альдегидов и кетонов способствует формированию в них трех реакционных центров, представленных на схеме:



Наличие электронодефицитного углеродного атома карбонильной группы формирует *электрофильный центр* (1), склонный к нуклеофильной атаке реагента. Местом электрофильной атаки служит *нуклеофильный (основный) центр* (2) на кислородном атоме карбониль-



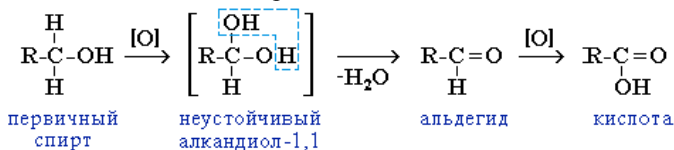
ной группы. Кроме того, в альдегидах и кетонах имеется *слабый кислотный центр* (3) в α -положении к карбонильной группе, содержащий водородный атом со слабой протонной подвижностью и склонный к атаке свободным радикалом. Реакционная способность альдегидов, как правило, выше, чем кетонов, так как у них больше пространственная доступность реакционного центра на карбонильном атоме углерода, больше эффективный положительный заряд на этом атоме, а в то же время степень его окисления меньше, чем в кетонах. Последнее обстоятельство повышает его склонность к окислительно-восстановительным превращениям, включая его дисмутацию.

2. Способы получения карбонильных соединений

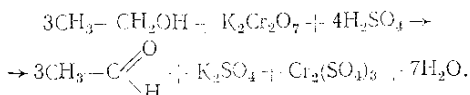
Получают альдегиды и кетоны чаще всего окислением и дегидрированием спиртов, омылением дигалогензамещенных, гидратацией ацетиленовых углеводородов по реакции М. Г. Кучерова, при сухой перегонке кальциевых солей карбоновых кислот и оксосинтезом.

1. Окисление спиртов.

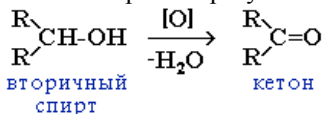
Первичные спирты при окислении образуют альдегиды, которые затем легко окисляются до карбоновых кислот.



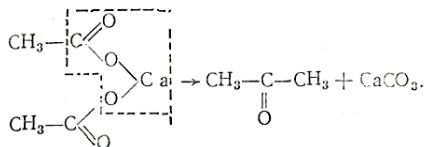
Получение уксусного альдегида окислением этилового спирта



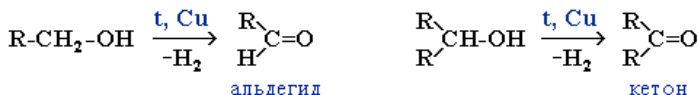
При окислении вторичных спиртов образуются кетоны.



Ацетон получают сухой перегонкой ацетата кальция по схеме:

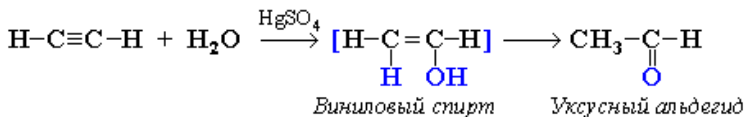


В промышленности альдегиды и кетоны получают дегидрированием спиртов, пропуская пары спирта над нагретым катализатором (Cu, соединения Ag, Cr или Zn).

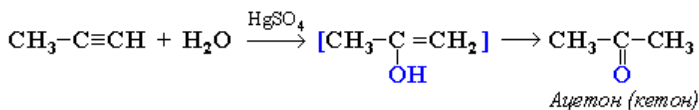


Этот способ позволяет получать карбонильные соединения, в особенности альдегиды, без побочных продуктов окисления. Гидратация алкинов (реакция Кучерова).

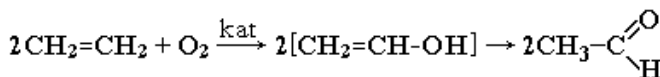
Присоединение воды к ацетилену в присутствии солей ртути(II) приводит к образованию ацетальдегида:



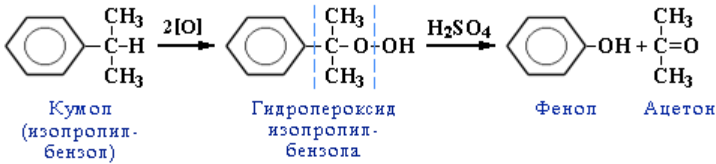
Кетоны получают при гидратации других гомологов ряда алкинов:



Окисление алкенов (катализаторы - хлориды Pd и Cu)



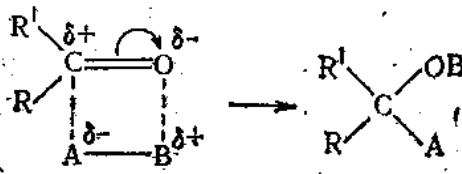
Этот способ более перспективен, чем гидратация алкинов, при которой используются токсичные ртутные катализаторы. Кумольный способ получения ацетона (наряду с фенолом)



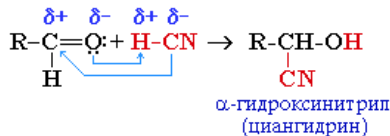
3. Химические свойства альдегидов и кетонов

Кетоны и особенно альдегиды – весьма реакционноспособные соединения, вступающие в реакции самого различного типа.

Реакции присоединения. Реакции присоединения к альдегидам и кетонам обусловлены тем, что двойная связь между атомами кислорода и углерода в карбонильной группе сильно поляризована и легко переходит в простую связь при действии полярных агентов:

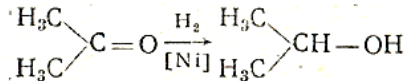
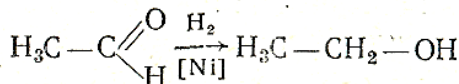


1. Альдегиды и кетоны присоединяют синильную кислоту в присутствии следов щелочей с образованием *оксинитрилов* (циангидринов):



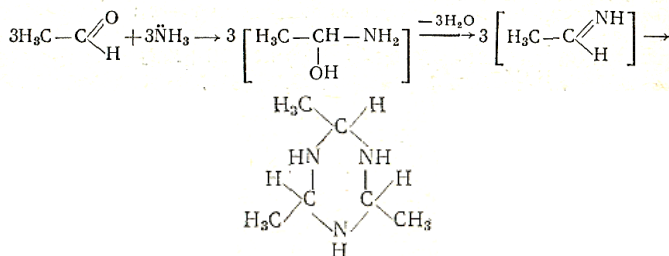
Роль щелочи заключается в том, что она повышает концентрацию ионов CN^- , которые и атакуют атом углерода карбонильной группы: $\text{OH}^- + \text{HCN} \leftrightarrow \text{HOH} + \text{CN}^-$. Оксинитрилы легко могут быть превращены в α -оксикислоты и α -аминокислоты.

2. Альдегиды и кетоны способны присоединять водород (восстанавливаться) по двойной связи, альдегиды дают при этом первичные спирты, кетоны – вторичные:



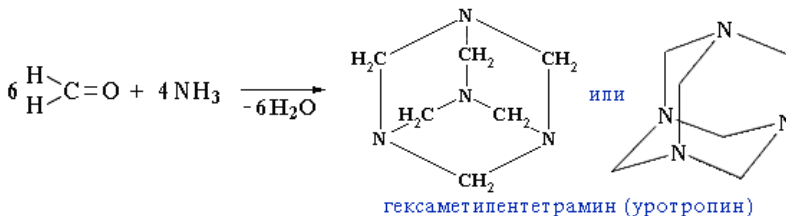
Эту реакцию можно осуществить, пропуская над мелкоизмельченным никелем, платиной или палладием смесь водорода с парами альдегида или кетона или действуя водородом в момент выделения.

3. С аммиаком альдегиды образуют кристаллические соединения – альдегидаммиаки:



При действии разбавленных кислот альдегидаммиаки дают исходные альдегиды и аммониевые соли. Кетоны с аммиаком в более жестких условиях дают продукты сложных превращений.

При взаимодействии с метаналем происходит более сложная реакция – конденсации формальдегид-аммиака с образованием полициклического тетрамина, так называемого уротропина:

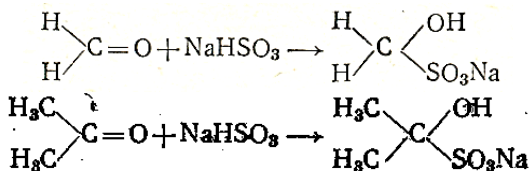


Уротропин используют в медицине как мочегонное средство и для производства мощных взрывчатых веществ (гексоген). Реакция образования уротропина проходит легко и гладко при комнатной температуре в водном растворе. Реакция была открыта выдающимся русским



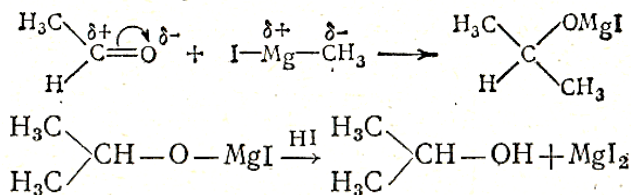
композитором и химиком А. П. Бородиным, который, сочиняя великие музыкальные творения, много работал в домашней лаборатории.

4. Альдегиды, кетоны ациклического ряда – циклогексанон, циклопентанон и те из кетонов, которые содержат метильную группу, связанную с карбонилом, способны присоединять гидросульфит (бисульфит) натрия NaHSO_3 . В результате получают так называемые гидросульфитные (бисульфитные) производные. В этих соединениях углерод непосредственно связан с серой. Реакцию проводят, взбалтывая альдегид или кетон с водным более концентрированным раствором NaHSO_3 :



Гидросульфитные соединения – кристаллические вещества, расщепляющиеся при нагревании с раствором соды или разбавленными кислотами с образованием исходных альдегидов и кетонов. Они служат для выделения альдегидов и кетонов из их смесей с другими веществами и получения их в чистом виде.

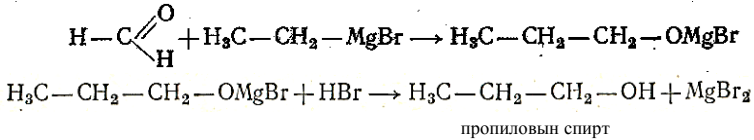
5. Альдегиды и кетоны способны присоединять магнийорганические соединения. Так, при прибавлении уксусного альдегида к эфирному раствору метил-магнийиода выделяется осадок продукта присоединения:



Радикал магнийорганического соединения присоединяется к атому углерода, а остальная часть молекулы – к атому кислорода. Продукт реакции присоединения представляет собой алколюлят. При разложении его водным раствором кислоты получается изопропиловый спирт. Эта реакция позволяет, исходя из альдегида, получить вторичный спирт с большим количеством атомов углерода в молекуле.

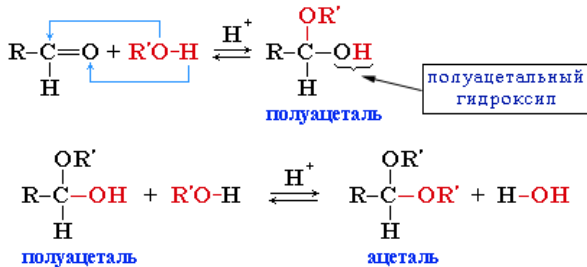


Если взять муравьиный альдегид, в результате реакции образуется первичный спирт:



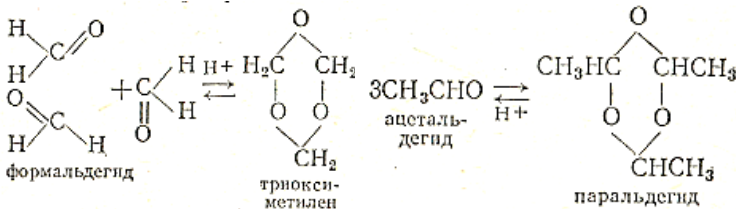
Аналогично идут реакции с кетонами с образованием третичных спиртов.

6. В присутствии каталитических количеств безводных сильных кислот к альдегидам легко присоединяются спирты с образованием ацеталей:



В отдельных случаях могут быть выделены и полуацетали. С кетонами реакция проходит труднее и в присутствии кислот Льюиса.

7. Альдегиды иногда самопроизвольно или под действием следов кислот могут тримеризоваться с образованием шестичленных гетероциклов с чередующимися атомами углерода и кислорода:

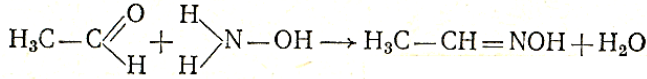


Из образовавшихся триоксанов при нагревании со следами сильных кислот снова легко получают альдегиды.

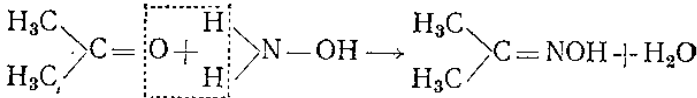


Реакции замещения карбонильного кислорода. Из реакций замещения рассмотрим те, в результате которых происходит замещение атома кислорода карбонильной группы.

1. С гидроксиламином (NH_2OH) альдегиды и кетоны дают *оксимы*:

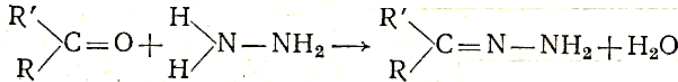
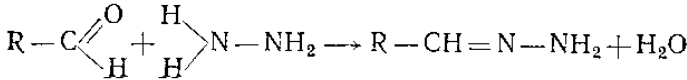


оксим уксусного альдегида

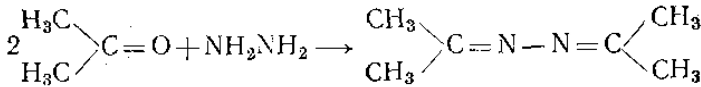


оксим ацетона

2. При действии на альдегиды и кетоны гидразина (NH_2-NH_2) получаются *гидразоны*:

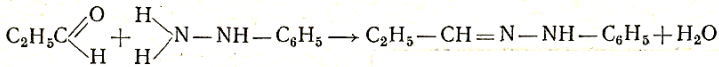


или при других молярных соотношениях – *азины*:

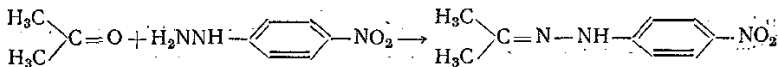


азин ацетона

3. Альдегиды и кетоны, взаимодействуя с фенилгидразином или его производными, образуют *фенилгидразоны*:

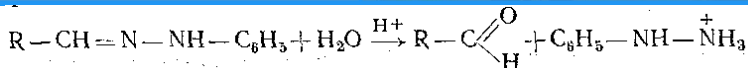


фенилгидразон пропионового альдегида

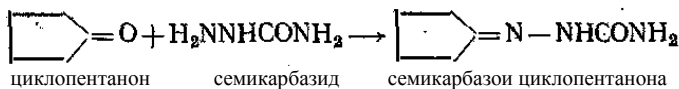


p-нитрофенилгидразон ацетона

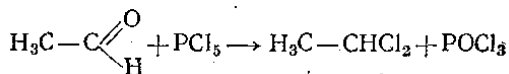
Оксимы, гидразоны и фенилгидразоны гидролизуются водными растворами кислот с образованием исходных соединений. Например,



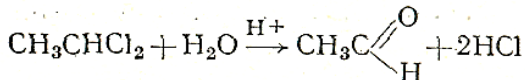
Оксимы и фенилгидразоны – большей частью кристаллические вещества с характерными температурами плавления. Реакцией их образования пользуются для идентификации того или иного альдегида или кетона или для того, чтобы выделить альдегиды и кетоны из смеси с веществами других классов. Часто для этих целей используют и семикарбазид:



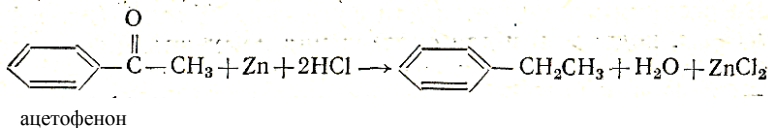
4. При действии пятихлористого или пятибромистого фосфора атом кислорода в молекуле альдегида или кетона замещается двумя атомами галогена:



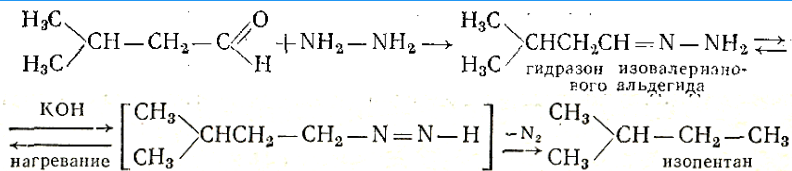
Таким образом, получают геминальные галогенпроизводные углеводородов с двумя атомами галогена при одном атоме углерода. Такие дигалогенпроизводные, реагируя с водой в присутствии кислот, способны опять давать исходные альдегиды или кетоны.



5. К реакциям замещения кислорода относится и восстановление карбонильных соединений до углеводородов. Оно осуществляется или **по Клеменсену** (главным образом для ароматических кетонов) водородом в момент выделения:

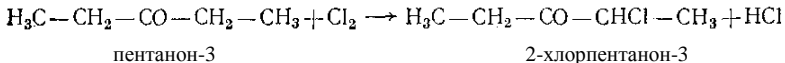
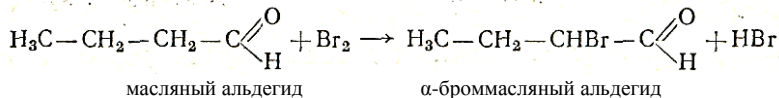


или **по реакции Кижнера-Вольфа** с использованием реакции незамещенных гидразонов с едкими щелочами:



Реакции с участием водородного атома в α -положении к карбонильной группе.

1. Сильно поляризованная карбонильная группа в альдегидах и кетонах оказывает очень большое влияние на водородные атомы, находящиеся у соседнего с карбонильной группой атома углерода; в результате пониженной электронной плотности (δ^+) на этом углеродном атоме они приобретают повышенную реакционную способность. Так, эти атомы легко замещаются при действии хлора или брома:



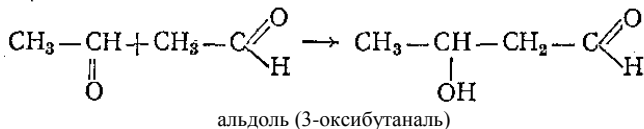
Атомы галогена, находящиеся в α -положении к карбонильной группе, также очень реакционноспособны. Такие α -галогензамещенные альдегидов и кетонов – сильные *лакриматоры* (от лат. *lacrima* – слеза), так как их пары вызывают раздражение слизистых оболочек носа и глаз. Весьма интересны реакции галогенирования ацетальдегида или метилкетонов с избытком галогена в щелочной среде. Первой стадией процесса является полное галогенирование α -метильной группы с образованием хлораля (в случае хлора). При этом связь углерод–углерод оказывается очень сильно поляризованной и легко разрывается под действием щелочи:



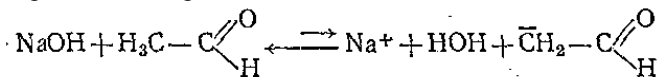


Эта реакция используется для синтеза *галоформов* (хлороформ, бромформ, йодоформ) и для определения присутствия фрагментов.

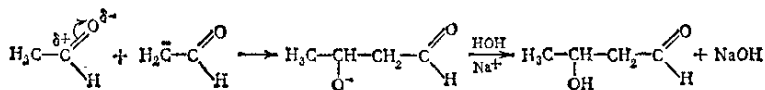
2. Большое значение имеют реакции конденсации, происходящие с кетонами и особенно альдегидами в щелочных или кислых растворах. Так, уксусный альдегид при действии на холоду слабых растворов щелочей превращается в *альдоли*



Каталитическое действие щелочи состоит в том, что она способствует образованию карбаниона:



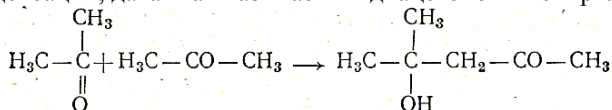
Последний присоединяется к двойной связи $>\text{C}=\text{O}$ второй молекулы:



Реакция может катализироваться и кислотами. Роль протона состоит в том, что он присоединяется к молекуле карбонильного соединения, образуя карбокатион. Последний присоединяется ко второй енолизованной (также за счет действия протона) молекуле карбонильного соединения. Продукт реакции – жидкость, смешивающаяся с водой и перегоняющаяся без разложения только при уменьшенном давлении. Как видно из формулы, это соединение содержит в молекуле как альдегидную группу, так и спиртовую (отсюда название *альдоль*). Аналогичные альдоли получают и из гомологов уксусного альдегида. Такая реакция называется *альдольной конденсацией*. Альдольная конденсация идет за счет атома водорода только в α -положении к карбонильной группе. Для пропионового альдегида реакция выразится следующим уравнением:

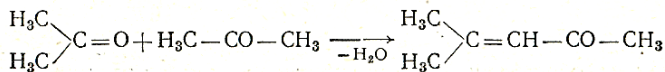


образовании альдеиды, или же с выделением их, как в кротоновой конденсации. Аналогично альдегидам, наиболее активные кетоны тоже способны к альдольной и кротоновой конденсации. Так, например, ацетон при действии гидроокиси бария уплотняется по типу альдольной конденсации, давая так называемый диацетоновый спирт:



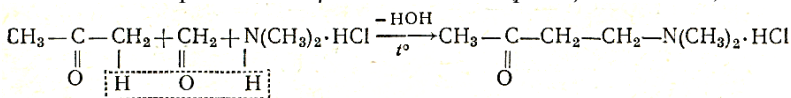
4-метил-4-оксипентанол-2

Под действием щелочей реакция протекает по типу кротоновой конденсации и приводит к образованию окиси мезитила;



4-метил пентен-3-он-2

3. Кетоны, а также альдегиды, имеющие подвижный α -атом водорода, конденсируются в присутствии формальдегида с солями вторичных аминов с образованием β -аминокетонов (*реакция Манниха*):



ацетон

формальдегид

хлорид диметиламмония

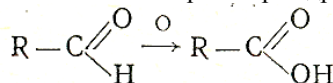
хлорид 4-диметиламинобутанол-2

Реакция проходит в водном или спиртовом растворе.

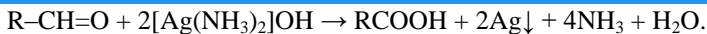
4. Окисление альдегидов и кетонов

Альдегиды легко окисляются до карбоновых кислот с тем же углеродным скелетом.

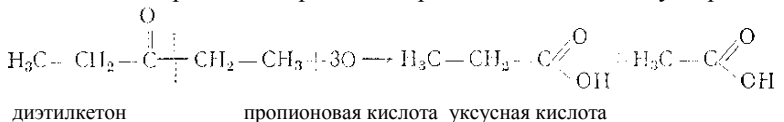
1. Они могут окисляться даже кислородом воздуха и такими слабыми окислителями, как аммиачный раствор гидроокиси серебра:



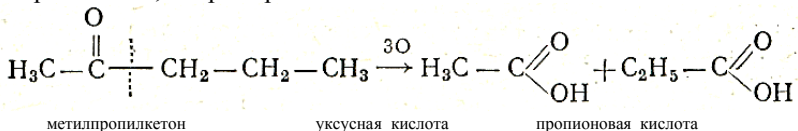
2. Реакцию альдегидов с аммиачным раствором гидроокиси серебра называют «реакцией серебряного зеркала» – окисление аммиачным раствором оксида серебра (реактив Толленса). Ее используют для обнаружения альдегидов:



Кетоны не окисляются ни кислородом воздуха, ни слабыми окислителями, не восстанавливают аммиачный раствор гидроксида серебра. Они окисляются лишь под действием более сильных окислителей, например, перманганата калия, причем окисление происходит иначе, чем окисление альдегидов. При окислении молекула кетона расщепляется с образованием молекул кислот или кислоты и кетона с меньшим числом углеродных атомов, чем первоначальный. Разрыв цепи углеродных атомов происходит рядом с карбонильным атомом углерода:



Если в молекуле кетона содержится два различных радикала, то распад молекулы при окислении может идти по двум возможным направлениям, например:

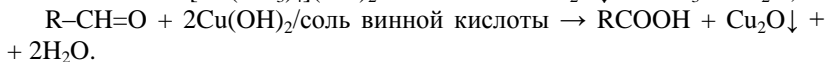
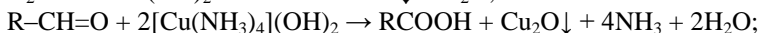
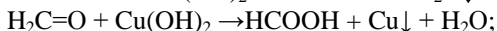
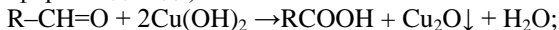


Таким образом, произведя окисление кетона и узнав, какие кислоты получились в результате окисления, можно определить строение кетона.

3. Реакция окисления гидроксидом меди(II):

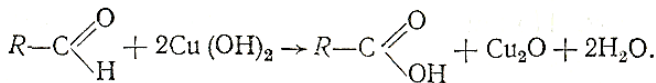
- а) в виде свежеприготовленного осадка $\text{Cu}(\text{OH})_2$ при нагревании;
- б) в форме комплекса с аммиаком $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$;
- в) в составе комплекса с солью винной кислоты (реактив Фелинга).

При этом образуется красно-кирпичный осадок оксида меди(I) или металлическая медь (реакция «медного зеркала», более характерная для формальдегида):





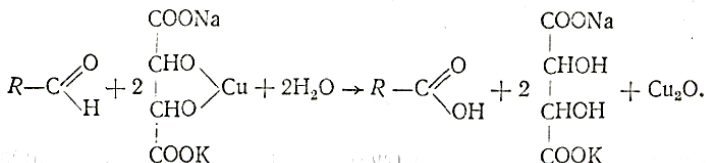
При нагревании наблюдают появление осадка оксида меди(I) желтого цвета, переходящего в красный:



Муравьиный альдегид, в отличие от других альдегидов, восстанавливает оксиды меди, образуя «медное зеркало».

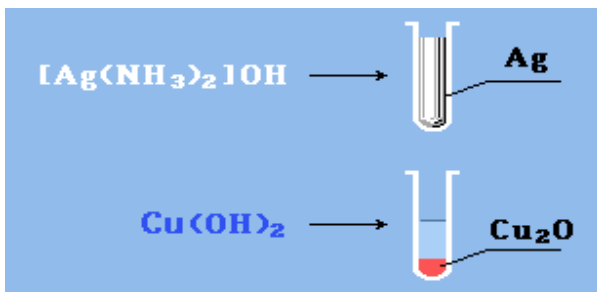
4. Реакция восстановления альдегидами реактива Фелинга.

Реакционную смесь нагревают. При этом раствор сначала окрашивается в зеленый, а затем в желтый цвет, и наконец, выпадает оксид меди(I) красного цвета:



5. Цветная реакция на альдегиды с фуксистернистой кислотой: наблюдается постепенное появление красно-фиолетовой окраски. Если к смеси муравьиного альдегида с фуксистернистой кислотой прибавлять концентрированную соляную кислоту, то появляется характерная синяя окраска. В смеси изовалерианового альдегида с фуксистернистой кислотой под влиянием соляной кислоты окраска сравнительно быстро исчезает.

Данные реакции являются качественными на альдегидную группу





5. Сравнение свойств альдегидов и кетонов

Как альдегиды, так и кетоны могут присоединять водород, синильную кислоту, магниевые органические соединения, гидросульфит натрия. С гидроксиламином и фенилгидразином альдегиды и кетоны реагируют с образованием оксимов и фенилгидразонов; при действии пятихлористого фосфора атом кислорода в молекулах альдегидов и кетонов замещается двумя атомами хлора.

Однако между альдегидами и кетонами имеются и существенные различия. Так, в отличие от альдегидов кетоны не окрашивают бесцветный раствор фуксинсернистой кислоты, в мягких условиях не конденсируются под действием щелочей, за редкими исключениями, и дают со спиртами ацетали только в присутствии кислот Льюиса. Из кетонов с гидросульфитом натрия реагируют только те, которые содержат одну метильную или две метиленовые группы в непосредственном соседстве с карбонилем.

Окисляются кетоны труднее, чем альдегиды, причем при их окислении происходит разрушение молекулы, труднее для кетонов протекают и реакции конденсации.

Применение альдегидов и кетонов

Метаналь (муравьиный альдегид) $\text{CH}_2=\text{O}$:
получение фенолформальдегидных смол;
получение мочевино-формальдегидных (карбамидных) смол;
полиоксиметиленовые полимеры;
синтез лекарственных средств (уротропин);
дезинфицирующее средство;
консервант биологических препаратов (благодаря способности свертывать белок).

Этаналь (уксусный альдегид, ацетальдегид) $\text{CH}_3\text{CH}=\text{O}$:
производство уксусной кислоты;
органический синтез.

Ацетон $\text{CH}_3-\text{CO}-\text{CH}_3$:
растворитель лаков, красок, ацетатов целлюлозы;
сырье для синтеза различных органических веществ.



Учреждение образования
«Белорусская государственная
орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени
сельскохозяйственная академия»

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Мерой полярности связи является *электрический момент диполя* – ЭДМ- μ , представляющий собой произведение длины диполя l на абсолютный эффективный заряд g : $\mu = g \cdot l$. Электрический момент диполя обычно выражают в дебаях (D): $1D = 3,33 \cdot 10^{-30}$ Кл·м.)

Некоторые характеристики простейших связей

Связь	Энергия, кДж/моль	Длина, нм	Полярность μ		Поляризуемость $a \cdot 10^{-24}$, см ³
			10^{30} . Кл · м	D	
C–C	339	0,154	0	0	1,3
C=C	611	0,133	0	0	4,2
C≡C	833	0,120	0	0	6,2
H–C	414	0,109	1,33	0,4	1,7
C–N	305	0,147	4,00	1,2	1,5
C=N	595	0,127	4,34	1,3	3,8
C≡N	888	0,115	13,36	4,0	4,8
C–O	368	0,143	5,34	1,6	1,5
C=O	724	0,121	10,68	3,2	3,3
C–F	427	0,140	7,68	2,3	1,7
C–Cl	326	0,176	7,68	2,3	6,5
C–Br	272	0,191	7,34	2,2	9,6
C–I	238	0,212	6,68	2,0	14,6
H–O	460	0,096	5,01	1,5	1,9
H–N	389	0,101	4,34	1,3	1,8
N–N	160	0,147			
N≡N	946	0,110			
N=O	678	0,115			

Приложение 2

Номенклатура органических соединений

В настоящее время международный союз теоретической и прикладной химии (ИЮПАК) рекомендовал для использования номенклатуру, получившую название *номенклатура ИЮПАК*.

Таблица 1. Названия предельных углеводородов

Формула углеводорода	Название	Формула углеводорода	Название
C ₅ H ₁₂	Пентан	C ₁₁ H ₂₄	Ундекан
C ₆ H ₁₄	Гексан	C ₁₂ H ₂₆	Додекан
C ₇ H ₁₆	Гептан	C ₁₃ H ₂₈	Тридекан
C ₈ H ₁₈	Октан	C ₁₄ H ₃₀	Тетрадекан
C ₉ H ₂₀	Нонан



C₁₀H₂₂

Декан

C₂₀H₄₂

Эйкозан

Таблица 2. Названия важнейших заместителей

Заместитель	Название	Заместитель	Название
CH ₃ —	метил	CH ₃	
CH ₃ —CH ₂ —	этил		
CH ₃ —CH ₂ —CH ₂ —	н-пропил	CH ₃ —C—CH ₂ —	неопентил
CH ₃ —CH—CH ₃	изопропил (пропил-2)		
		CH ₃	
CH ₃		CH ₃	
CH ₃ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —	н-бутил		трет-пентил
CH ₃ —CH ₂ —CH—	втор-бутил	CH ₃ —CH ₂ —C—	
CH ₃		CH ₃	
CH ₃ —CH—CH ₂ —	изобутил (2-метил-пропил-1)	CH ₂ =	метилен
		CH≡	метин
CH ₃		CH ₃ —CH=	этилиден
		—CH ₂ —CH ₂ —	этилен
CH ₃ —C—	трет-бутил	—CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —	триметилен
		CH ₂ =CH—	винил
CH ₃		HC≡C—	этинил
CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ —	н-пентил	CH ₂ =C—	изопропенил
CH ₃		CH ₃	
CH ₃ CHCH ₂ CH ₂ —	изопентил	CH ₃ CH ₂ CH=CH—	1-бутенил
		CH ₃ CH=CHCH ₂ —	2-бутенил
CH ₃			
C ₆ H ₅ —	фенил	CH ₂ =C—CH ₂ —	
CH ₃ —C ₆ H ₄ —	толил (п-изомер)		метилаллил
C ₆ H ₅ —CH ₂ —	бензил	CH ₃	(металлил)
C ₆ H ₅ —CH=CH—	стирил	CH ₃ —C=O	ацетил
(C ₆ H ₅) ₂ CH—	бензгидрил (дифенил-метил)		
(C ₆ H ₅) ₃ C—	тритил	C ₆ H ₅ —C=O	бензоил
CH ₂ =C=	винилиден		
CH ₂ =CH—CH ₂ —	аллил	—O—CH ₂ —O—	метилендиоксид
CH ₃ —CH=CH—	пропенил		
CH ₃ —CO—CH ₂ —	ацетонил		
CH ₃ —O—	метокси		
CH ₃ —CH ₂ —O—	этокси		



Простейшие спирты можно называть по соответствующему радикалу: метильный спирт CH_3OH , изопропиловый спирт $(\text{CH}_3)_2\text{CHOH}$ (но не изопропанол), трет-бутиловый спирт $(\text{CH}_3)_3\text{COH}$.

За некоторыми спиртами сохраняются тривиальные названия:

Аллиловый спирт	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2\text{OH}$;
Бензиловый спирт	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2\text{OH}$;
Фенилэтиловый спирт	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{OH}$;
Этиленгликоль	$\text{HOCH}_2-\text{CH}_2\text{OH}$;
Пропиленгликоль	$\text{CH}_3-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2\text{OH}$;
Глицерин (глицерол)	$\text{CH}_2(\text{OH})-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2(\text{OH})$.

Для альдегидов допускаются тривиальные названия, если соответствующая кислота имеет тривиальное название:

Формальдегид	CH_2O ;
Ацетальдегид	CH_3-CHO ;
Пропиональдегид	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CHO}$;
Бутиральдегид	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CHO}$;
Изобутиральдегид	$(\text{CH}_3)_2\text{CH}-\text{CHO}$;
Валеральдегид	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_3-\text{CHO}$;
Изовалеральдегид	$(\text{CH}_3)_2\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CHO}$;
Акролеин (акриральдегид)	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CHO}$;
Кронональдегид	$\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CHO}$;
Бензальдегид	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CHO}$.

Имеются исключения, например глиоксаль $\text{O}=\text{CH}-\text{CH}=\text{O}$.

Для некоторых кетонов допускаются тривиальные названия:

ацетон	$\text{CH}_3-\text{CO}-\text{CH}_3$;
окись мезитила	$(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{CH}-\text{CO}-\text{CH}_3$;
диацетил	$\text{CH}_3-\text{CO}-\text{CO}-\text{CH}_3$;
бензил (или дибензоил)	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CO}-\text{CO}-\text{C}_6\text{H}_5$.

Сохраняются тривиальные названия заместителей:

ацетонил $\text{CH}_3-\text{CO}-\text{CH}_2-$, фенацил $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CO}-\text{CH}_2-$.

Таблица 3. Названия некоторых кислот и их радикалов

Название кислоты		Название радикала	Формула радикала
тривиальное	систематическое		
1	2	3	4
Предельные алифатические монокарбоновые кислоты			
Метановая	Муравьиная	Формил	$\text{HCO}-$
Этановая	Уксусная	Ацетил	$\text{CH}_3-\text{CO}-$
Пропановая	Пропионовая	Пропионил	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CO}-$
Бутановая	Масляная	Бутирил	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_2-\text{CO}-$
2-Метилпропановая	Изомасляная	Изобутирил	$(\text{CH}_3)_2\text{CH}-\text{CO}-$
Пentanовая	Валериановая	Валерил	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3-\text{CO}-$
3-Метилбутановая	Изовалериановая	Изовалерил	$(\text{CH}_3)_2\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CO}-$
Гептановая	Энантовая	Энантоил	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5-\text{CO}-$
Октадекановая	Стеариновая	Стеароил	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}-\text{CO}-$
Гексадекановая	Пальмитинов.	Пальмитоил	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}-\text{CO}-$




1	2	3	4
Предельные алифатические дикарбоновые кислоты			
Этандиовая Пропандиовая Бутандиовая Пентандиовая Гександиовая	Щавелевая Малоновая Янтарная Глутаровая Адипиновая	Оксалил Малонил Сукцинил Глутарил Адилоил	$-OC-OC-$ $-OC-CH_2-CO-$ $-OC-(CH_2)_2-CO-$ $-OC-(CH_2)_3-CO-$ $-OC-(CH_2)_4-CO-$
Непредельные алифатические кислоты			
Пропеновая Пропиновая 2-Метилпропеновая транс-Бутен-2-овая цис-Бутен-2-овая цис-Октадецен-9-овая	Акриловая Пропиоловая Метакриловая Кротоновая Изокротоновая Олеиновая	Акрилоил Пропилоил Метакрилоил Кротоноил Изокротоноил Олеоил	$CH_2=CH-CO-$ $CH\equiv C-CO-$ $CH_2=C(CH_3)-CO-$ $CH_3CH=CHCO-$ — " — $CH(CH_2)_7CH_3$ \parallel $CH(CH_2)_7CO-$
цис-Бутен-2-диовая транс-Бутен-2-диовая	Малеиновая Фумаровая	Малеолил Фумароил	$-OC-CH=CH-CO-$ — " —
Карбоциклические кислоты			
Бензолкарбоновая Метилбензол- карбоновая 1,2-Бензолди- карбоновая 1,4-Бензолдикарбоновая транс-3-Фенилпропеновая	Бензойная Толуиловая (о-, м-, п-) Фталевая Терефталевая Коричная	Бензоил Толуил (о-, м-, п-) Фталоил Терефталоил Циннамоил	C_6H_5-CO- $CH_3-C_6H_4-CO-$  $-OC-C_6H_4-CO-$ $C_6H_5-CH=CH-CO-$

Таблица 4. Старшинство основных функций,
обозначаемых суффиксами (по убывающему старшинству)

№п/п	Класс	Префикс	Суффикс
1	Катионы	онио-	-оний (но –карбений $^+CH_3$)
2	Карбоновые кислоты $-COOH$	карбокси-	-овая кислота (карбоновая кислота)
3	Нитрилы — $C\equiv N$	циано-	-нитрил (карбонитрил)
4	Альдегиды — CHO	формил-	аль- (карбальдегид)
5	Кетоны $>C=O$	оксо-	-он
6	Спирты — OH	гидрокси-	-ол
7	Тиолы — SH	меркапто-	-тиол
8	Амины	амино-	-амин
9	Двойная связь ($=$)	—	-ен
10	Тройная связь (\equiv)	—	-ин
11	Группы всегда выступающие в качестве заместителей	$-Br$, $-I$, $-Cl$, $-F$, $-NO$, $-NO_2$, $-O-R$, $-S-R$, $-N_3$, $-S-S-R$, $-SO_2R$, $-O-S-R$, $-OON$.	



ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Ахметов, Н. С. Общая и неорганическая химия: Учебник для вузов/ Н. С. Ахметов. – М.: Высш. шк., 2006. – 743. .
2. Барковский, Е. В. Аналитическая химия: Учеб. пособие/ Е. В. Барковский. – Мн.: Высш. шк., 2004. – 351 с.
3. Барковский, Е. В. Введение в химию биогенных элементов и химический анализ: Учеб. пос./ Е. В. Барковский, С. В. Ткачев и др. – М.: Высш. шк., 1997. –126 с.
4. Болдырев, А. И. Физическая и коллоидная химия. – М.: Высш. шк., 1983.
5. Гольбрайх, З. Е. Сборник задач и упражнений по химии: Учеб. пособие/ З. Е. Гольбрайх.–М.:ООО «Издательство Астрель»,2004.–383с
6. Грандберг, И.И. Органическая химия: Учеб. для студ. вузов обучающихся на агрономических специальностях/ И. И. Грандберг. – М.: Дрофа, 2004. –672 с.
7. Князев Д. А. Неорганическая химия: Учебник для вузов/ Д. А. Князев, С. Н. Смарыгин. – М.: Высш. шк., 1990. – 430 с.
8. Руководство к изучению курса “Общая и неорганическая химия”: Пособие для студентов нехимических специальностей / И. Е. Шиманович [и др.]; под ред. И.Е. Шимановича. – 3-е изд. – Минск: РИВШ, 2008. – 112 с.
9. Химия. Лабораторный практикум: учеб. пособие/А. Р. Цыганов, О. В. Поддубная, И. В. Ковалева, Т. В. Булак.–Минск: ИВЦ Минфина, 2015. – 320 с.
10. Угай Я. А. Общая и неорганическая химия: Учебник для вузов/ Я. А. Угай. 4-е изд. – М.: Высш. шк., 2004. – 440 с.
11. Химия: учебно-методический комплекс: Учебно-методическое пособие / О. В. Поддубная, И.В. Ковалева и др. – Горки: БГСХА, 2011. – 452 с. ISBN 978-985-467-359-2
12. Хмельницкий, Р. А. Физическая и коллоидная химия: Учебник для вузов/ Р. А. Хмельницкий. – М.: Высш. шк., 1988.
13. Цитович, Н. К. Курс аналитической химии: Учебник для вузов/ Н. К. Цитович. – М.: Высш. шк., 1987. – 403 с.
14. Цыганов, А. Р. Сборник задач и упражнений по химии: Учеб. пособие / А. Р. Цыганов, О. В. Поддубная. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 236 с.
15. Щербина, А.Э. Органическая химия. Задачи и упражнения: Учеб. пособие / А.Э. Щербина, Л.Г. Матусевич, И.В. Сенько. – Минск : Новое знание, 2007. – 304 с.

Дополнительная

1. Белясова, Н.А. Биохимия и молекулярная биология: Учеб. пособие/ Н.А. Белясова. – Минск: Книжный дом, 2004. – 416 с.
2. Введение в лабораторный практикум по неорганической химии: Учеб. пособие / В.В. Свиридов, Г.А.Попкович и др. – Мн : Высш. шк., 2003. – 96 с.
3. Дорохова, Е. Н. Аналитическая химия. Физико-химические методы анализа: Учебник для почвенно-агрохимических специальностей / Е. Н. Дорохова, Г. В. Прохорова. – М.: Высш. шк., 1991. – 354 с.
4. Жарский, И. М. Теоретические основы химии: сборник задач: Учеб. пособие. – Минск.: Аверсев, 2004. – 397 с.
5. Практикум по общей и биоорганической химии: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / под ред. В. А. Попкова. – 3-е изд. – М.: Изд. центр «Академия», 2008. – 240 с.
6. Слесарев, В. И. Химия: основы химии живого: Учебник для вузов / В. И. Слесарев. – СПб: Химиздат, 2001. – 784 с.
7. Степин, Б. Д. Неорганическая химия: Учебник для вузов/ Б. Д. Степин, А.А.



Учреждение образования
«Белорусская государственная
орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени
сельскохозяйственная академия»



Цветков. – М.: Высш. шк., 1994. – 608 с.

Справочники:

1. Краткий химический справочник. – М.: Химия, 1977.
2. Кольман, Я. Наглядная биохимия: Пер. с нем/ Я.Кольман, К.Г. Рем. – М.: Мир, 2000. – 469 с.
3. Лидин, Р.А. Химические свойства неорганических веществ/ Под ред. Р.А. Лидина. – 5-е изд., стер. – М.: КолосС, 2008, – 480 с.

Составители

Поддубная Ольга Владимировна
Ковалева Ирина Владимировна
Мохова Елена Владимировна
Шагитова Марина Николаевна