

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA
O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI**

BUXORO DAVLAT UNIVERSITETI

KIMYO – BIOLOGIYA FAKULTETI

Organik va fizkolloid kimyo kafedrası

5440400 – kimyo ta'lim yo'nalishi

ORGANIK KIMYO FANIDAN

KURS ISHI

Mavzu: Organik birikmalarni oksidlash reaksiyalari

Bajardi :

Axror Hayitov

Qabul qildi:

S.F.Abduraxmonov

Buxoro – 2012

Режа

КИРИШ

- 1.1. Оксидлаш жараёнлари ҳақида умумий тушунча
- 1.2. Оксидланиш реакцияларининг энергетик характеристикаси
- 1.3. Гидропероксидлар ҳосил қилиш орқали оксидлаш назарияси

АСОСИЙ ҚИСМ

- 2.1. Парафинларнинг оксидланиши
- 2.2. Қуйи парафинларнинг газ фазада оксидланиши
- 2.3. Суюқ фазада н-парафинларни оксидлаб спиртлар олиш
- 2.4. Тўйинмаган углеводородларнинг оксидланиши.
- 2.5. Алкенларни оксидлаб парчалаш. Озонолиз.
- 2.6. Этиленни оксидлаб этилен оксид олиш
- 2.7. Ароматик бирикмаларни оксидлаш
- 2.8. СО асосидаги синтезлар

ХУЛОСА

ҲОЙДАЛАНГАН АДАБИЁТЛАР

КИРИШ

Саноат органик ва нефткимёвий синтезида оксидланиш жараёнлари жуда муҳимдир. Бу жараёнлар асосида:

1. Оксидлаш асосида катта миқдорда қимматли маҳсулотлар (спиртлар, альдегидлар, кетонлар, карбон кислоталар, ва уларнинг ангидридлари, α оксидлар, нитриллар ва ҳ. к.) олинади ва улар органик синтезнинг муҳим оралиқ маҳсулотлари ҳисобланиб, улардан эритувчилар, мономерлар, полимер материаллар учун дастлабки маҳсулотлар, пластификаторлар ва бошқалар олинади.

2. Органик бирикмалар кўпчилигининг асосан барча синф углеводородларининг оксидланишга кенг қамровли таъсири мавжуд.

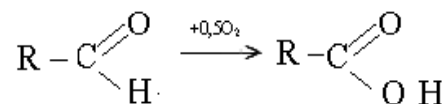
3. Оксидловчи агентларнинг жуда арзонлиги ва етарлилиги айниқса улар орасида ҳаво кислороди муҳим ўрин эгаллайди. Бу ўз навбатида синтез қилинадиган (оксидланиш усулида олиннадиган) маҳсулот таннархига иқтисодий жиҳатдан катта таъсирини ўтказди. Шунинг учун ҳам кейинги йилларда жуда кўп моддалар синтези (феноллар, этилен оксид, аллил спирт, глицерин, акрилонитрил, ацетальдегид ва бошқа маҳсулотлар) оксидланиш усулларида олинмоқда. Шундан келиб чиққан ҳолда оксидланиш жараёнлари органик синтезнинг энг муҳим истиқболли, саноат миқёсидаги илмий изланишларни талаб қиладиган соҳа бўлиб қолмоқда[1-20].

1.1. Оксидлаш жараёнлари ҳақида умумий тушунча

Органик кимёда оксидланиш реакцияларни аниқлаш ҳақида аниқ фикрлар йўқ. Уларнинг кўпчилигида ноорганик кимёдаги сингари қайси бир элемент оксидланиш даражаси ўзгариши билан содир бўлмайди. Оксидланиш даражаси ўзгариши азот, олтингугурт, фосфор, ва бошқа элементлар яъни бошқа валент ҳолатга ўтишида кузатилади.

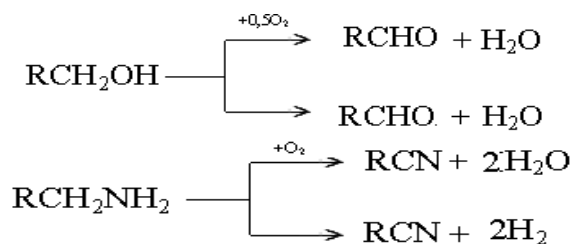


Углерод атомлари оксидланиш жараёнларида ҳам ўзининг тўртта ковалент боғини сақлаб қолади ва тўрт валентлиги ўзгармайди. Масалан, буни альдегидлар оксидланишидан карбон кислоталар ҳосил бўлишида кузатиш мумкин.



Органик молекула таркибига кислороднинг киритилиши деб оксидланиш жараёнларини аташ мантиққа тўғри келмайди. Буни осонгина мисоллар ёрдамида аниқлаш мумкин. Масалан, олефинларнинг гидратланиши ёки хлорогидринлар гидролизиди ҳам молекула таркибига кислород киритилади ва бу жараёнлар оксидланишсиз боради. Айрим ҳолларда молекула таркибидаги кислород сони ўзгармасдан ёки умуман кислород бўлмаган ҳолда ҳам оксидланиш содир бўлади. Бундай ҳолларда эса молекула таркибидаги водород ажралиб кислород билан

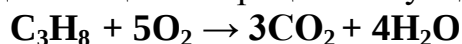
бирикиб сув ҳосил бўлади. Лекин бу ҳолат оксидланмасдан борадиган дегидратланиш жараёнларида ҳам кечади.



Айрим ҳолларда кислороднинг иштироки водородни тўлиқ сувга айлантириш учун оксидланиш ва дегидрогенланиш ёки водороднинг ажралиши қисман оксидланиш орқали боради. Бундай жараёнлар оксидланишли дегидрогенланиш деб юритилади. Бундай жараёнлар оксидланиш ва дегидрогенланиш реакциялари оралиғида туради.

Демак, оксидланиш жараёни деб бирор бир оксидловчи агент таъсирида органик модданинг ўзгаришига айтиш мумкин.

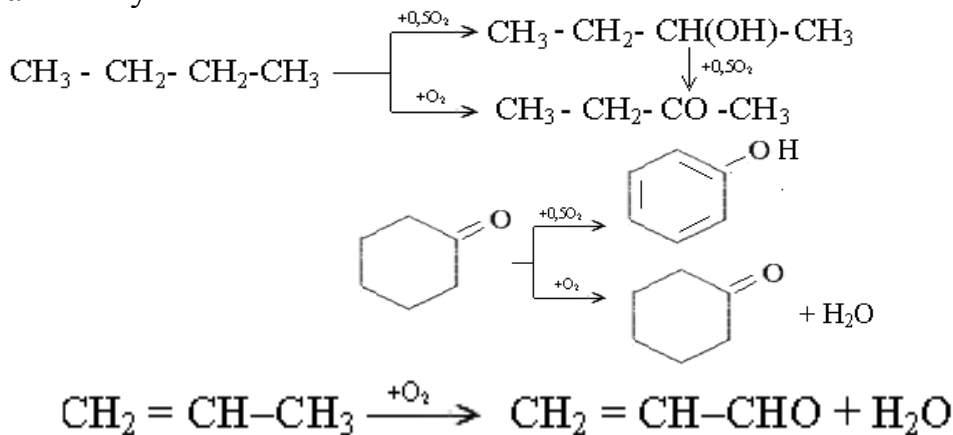
Оксидланиш жараёнлари тўлиқ қисман ва қисман оксидланиш орқали содир бўлиши мумкин. Тўлиқ оксидланиш органик модданинг тўлиқ ёниши натижасида карбонат ангидрид, сув, азот оксидлари, олтингугурт оксиди ва ҳ. к. лар ҳосил бўлади.

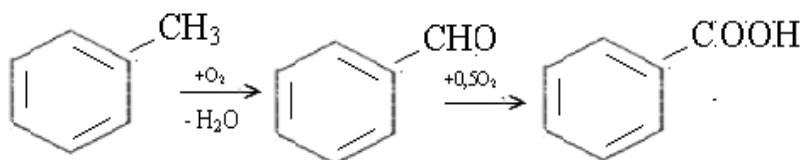


Бу жараён саноатда иссиқлик энергияси сифатида ва турмушда ҳам иссиқлик энергиясини ҳосил қилиш учун, сувни биологик тозалаш учун жуда муҳимдир. Лекин бирор бир органик бирикмани тўлиқ оксидлаш ҳамма вақт мақсадга мувофиқ келавермайди. Шунинг учун ҳам органик синтезда тўлиқсиз (қисман) оксидланиш муҳим аҳамиятга эга.

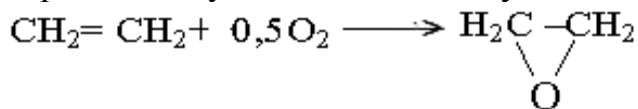
Тўлиқсиз оксидланишни уч гуруҳга ажратиш мумкин.

1. Молекула таркибидаги углерод занжирини ўзгартирмасдан яъни узмасдан оксидлаш. Бу жараён тўйинган углеводородлар парафинларда, нафтенлар ва олефинларда, алкилароматик бирикмалар ён занжирида ёки спиртлар углеродларининг қисман альдегидгача оксидланишида учратиш мумкин

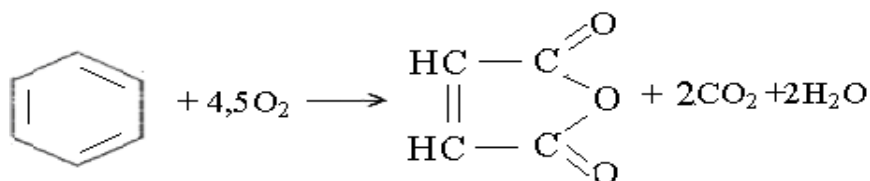
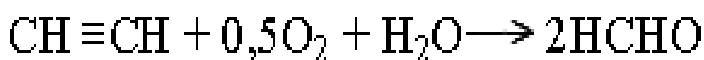
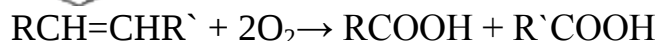
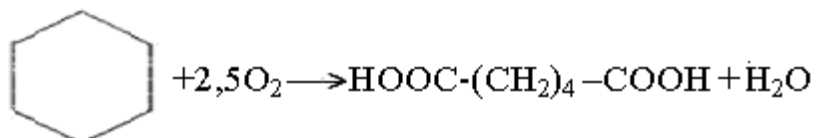
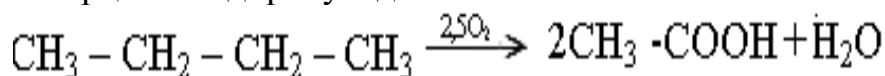




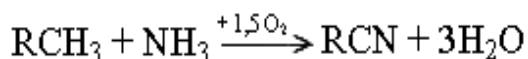
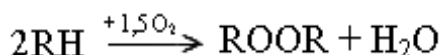
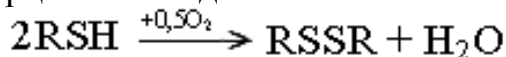
Мисол сифатида қўшбоғ сақлаган бирикмалар α - оксидлар ва карбонил бирикмалар ҳосил бўлишини олиш мумкин.



2. Углерод- углерод занжирини узиш орқали деструктив оксидлаш. Бу реакцияларга парафинлар, нафтенлар, олефинлар ва ароматик бирикмалар киришади. Деструкция жараёни оддий қўшбоғ, учбоғ ёки ароматик боғ орқали содир бўлади.



3. Конденсатланиш орқали оксидлаш.



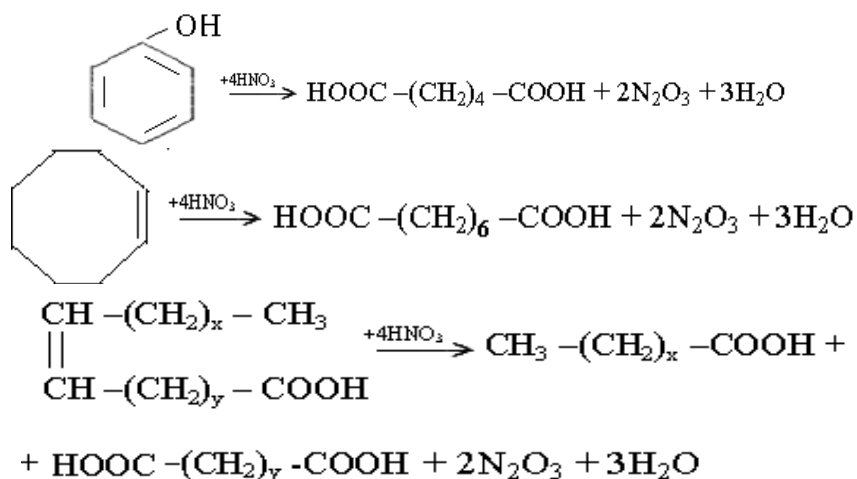
Сўнгги реакция оксидланиш аммонолизи деб юритилади.

Оксидловчи агентлар. Лаборатория техникаси ёки нозик органик синтезда оксидловчи агентлар сифатида перманганатлар (ишкорий, нейтрал ва кислотали муҳитда) бихроматлар, хром ангидрид, айрим металл пероксидлари (марганец, қўрғошин, натрий) ва ҳ.к.лардан фойдаланилса, саноат асосий органик синтезда эса нисбатан арзон оксидловчилар, айрим ҳолларда бошқа оксидловчи қўллашнинг иложи бўлмаса юқорида номлари келтирилган оксидловчи агентлар қўлланилиши мумкин.

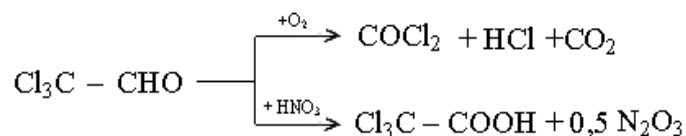
Оксидловчи агентлар орасида молекуляр кислород (ҳаво қўринишидаги техник кислород, ҳаво, азот, кислород аралашмаси) муҳим оксидловчи агент ҳисобланади. Концентрланган кучли оксидловчи, уни амалда қўллаш қўшимча ҳавони суюқлантириш орқали кислородни ажратиб олишда қўшимча маблағ талаб этилади.

Нитрат кислота (баъзан азот оксидлари) катта миқдорда қўлланилувчи оксидловчи агент ҳисобланади. Бунда оксидланиш жараёни билан бирга юқори концентрациядаги қўшимча нитроланиш реакциялари ҳам содир бўлади. Шунинг учун ҳам 40-60% ли нитрат кислота оксидловчи сифатида кенг қўлланилади.

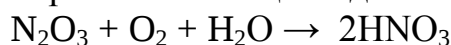
Парафинларни оксидлашда баъзан нитрат кислотадан фойдаланилмайди. У асосан оксидловчи сифатида циклик ва тўйинмаган бирикмаларни оксидлашда қўлланилади ва бу ўз навбатида кислородга нисбатан юқори унум беради.



Айрим ҳолларда нитрат кислота орқали оксидлаш кислородга нисбатан спецификликка эга. Масалан, хлорал оксидланишини кўриб чиқсак:

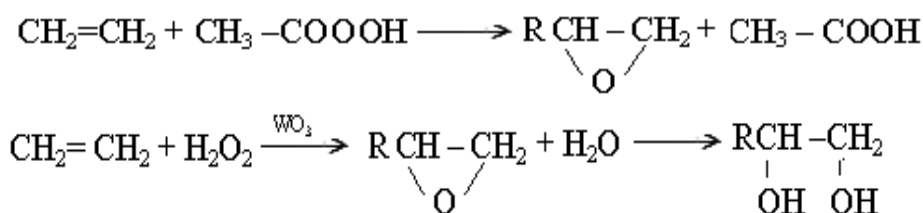


Сўнгги реакцияда келтирилган тартибда оксидлашда азот оксидлари ҳосил бўлади ва уни утилизация қилиш учун сув буғи кислород билан таъсирлашиб яна қайтадан нитрат кислота ҳосил бўлади.

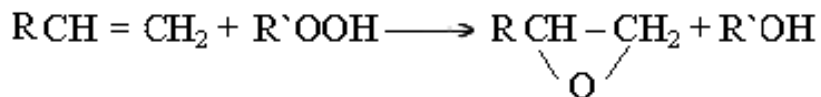


Органик бирикмаларни пероксид бирикмалар билан оксидлаш (гидропероксидлаш) асосий органик ва нефторганик синтезнинг муҳим оксидловчи агенти ҳисобланади. Пероксидлар қимматлигини инобатга олиб, асосан кислород ёки нитрат кислотаси билан оксидлаб бўлмайдиган реакциялар учунгина қўлланилади.

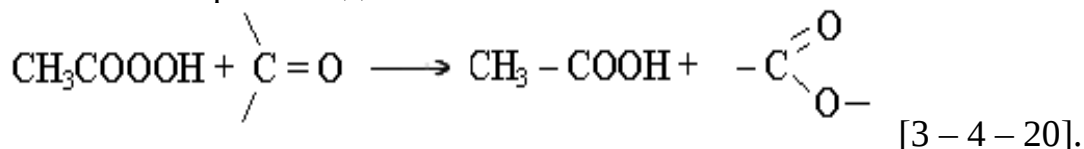
Баъзи ҳолларда эпоксидлар синтез қилиш учун надкислота ёки усткислоталар ишлатилади.



Шу жараёни гидропероксидлар билан оксидланганда:



Надкислоталар билан кетонларнинг оксидланишидан мураккаб эфир ва карбон кислоталар олинади.



1.2. Оксидланиш реакцияларининг энергетик характеристикаси

Саноат асосий органик ва нефторганик синтезда қўлланиладиган барча оксидланиш реакциялари қайтмасдир. Бу дегани ушбу реакцияларни қайта йўналишда (масалан, қайтариш орқали кислотадан альдегид, альдегиддан спирт) амалга ошириб бўлмайди дегани эмас. Реакцияларни қайтар ҳолатда ўтказиш учун қайтарувчи ёки водород талаб қилинади. Қисқа қилиб тушунтирилганда оксидланиш реакцияларининг ўзи қайтар жараён эмас, реакция натижасида карбонат ангидрид ва сув ҳосил бўлади бу жараёнда сув қайтарувчи бўла олмайди.

Органик молекулани кислород билан оксидлаш жараёнларини 2- катта гуруҳга бўлиш мумкин.

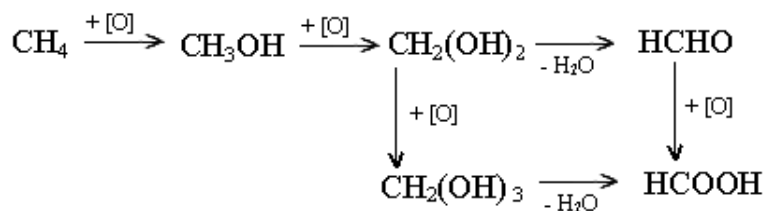
1) гомоген оксидланиш, агар юқори температурада борса – термик оксидлаш, инициатор иштирокида борса – инициаторли оксидлаш ёки гомоген катализаторлар иштирокида борса – каталитик оксидлаш каби жараёнларни ўз ичига олади.

2) гетероген каталитик оксидлашда қаттиқ контакт сиртида реакция содир бўлади.

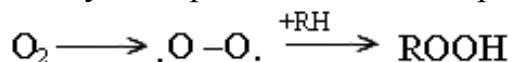
Юқорида келтирилган оксидланиш жараёнлари яна ўз навбатида газ фазада ва суюқ фазада бориши мумкин [1 – 5 – 22].

1.3. Гидропероксидлар ҳосил қилиш орқали оксидлаш назарияси

Боннинг гидроксиллаш назариясига кўра органик моддага таъсир қилаётган кислород молекула таркибидаги углерод ва водород орасига киради ва гидроксилли бирикмалар ҳосил қилиб парчаланади.



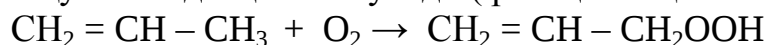
Бах ва Энглерлар оксидланишнинг пероксид назариясини таклиф қилишди. Унга кўра дастлаб кислород молекуласидан гидропероксид ҳосил бўлади ва бу молекула таркибидаги С-Н орасига жойлашади.



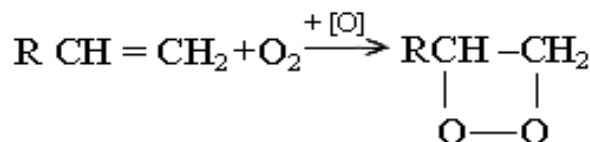
Гидропероксидлар оксидланишнинг дастлабки маҳсулоти бўлиб, бундан бирламчи ва иккиламчи гидропероксидлар (RCH_2OOH , R_2CHOOH , ArCH_2COOH) ҳосил бўлади. Бу бирикмалар оддий шароитда бекарор бўлгани учун тезда оксидланиш жараёнида парчаланади.

Лекин учламчи ҳамда иккиламчи алкил гидропероксидлар надкислоталар бўлиб барқарор моддалардир.

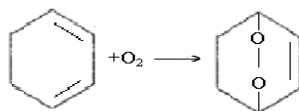
Олефинларда гидропероксидлар асосан кўшбоғ сақлаган углероднинг қўшнисида ҳосил бўлади. (реакцион қобилияти юқори).



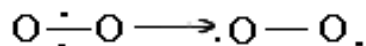
Баъзи тадқиқотлар шуни кўрсатадики кўшбоғ сақлаган бирикмаларда кўшбоғ ҳисобидан ҳалқали пероксид ҳосил бўлади.



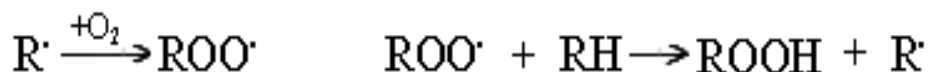
Аммо ҳалқали пероксидлар ҳақиқатдан ҳам туташ кўшбоғ сақлаган конденсирланган ароматик бирикмаларда учрайди. Бундай бирикмалар Эндо – пероксидлар дейилади.



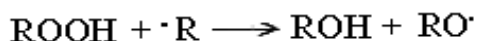
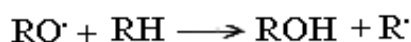
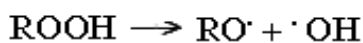
Гидропероксидлар ҳосил бўлиши Бах – Энглер назариясига кўра кислород молекуласидаги битта боғ очилишидан бирадикал ҳосил бўлади. Бундай ҳолат кислороднинг тўлиқ парчаланиши ва радикал ҳосил бўлишидан кўра энергетик жиҳатдан жуда қулайдир.



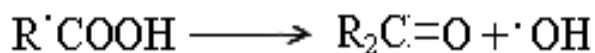
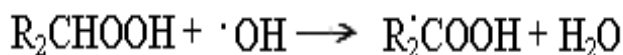
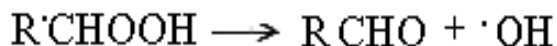
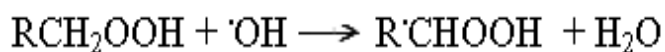
Гидропероксидлар назарияси кейинчалик Н. Н. Семёнов томонидан ўрганилди ва оксидланиш радикал – занжир механизм ҳисобланиб, унда углеводород радикаллари ҳамда пероксидлар радикаллар ҳосил бўлиши мумкинлигини аниқлади.



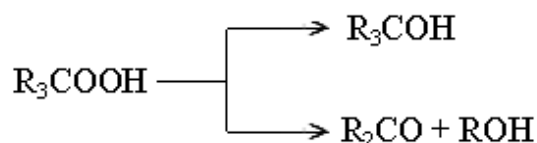
Гидропероксидлар таркибидаги кислород – кислород боғи кучсиз бўлгани учун унинг парчаланишидан эркин радикаллар ҳосил бўлади.



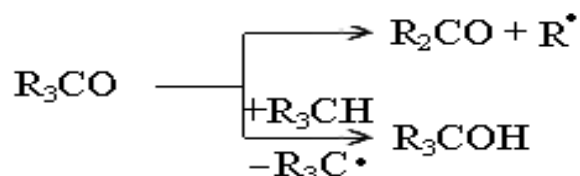
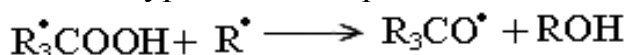
Худди шундай занжир реакцияларда альдегид ва кетонлар ҳосил бўлади.



Бу жараён учламчи гидропероксидларда қуйидаги занжир реакцияси шаклида боради ва C – C боғи деструкциясидан кетон ва спирт ҳосил бўлади.

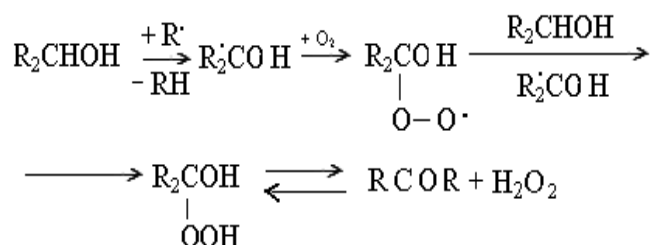


Бу жараён қуйидаги кўринишда боради.

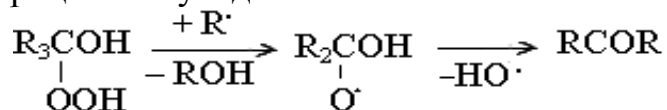


Углеводородларнинг бирламчи оксидланиш маҳсулотлари спиртлар, альдегид ва кетонлар уларнинг кейинги чуқур оксидланишидан эса карбоксил бирикмалар ҳосил бўлади.

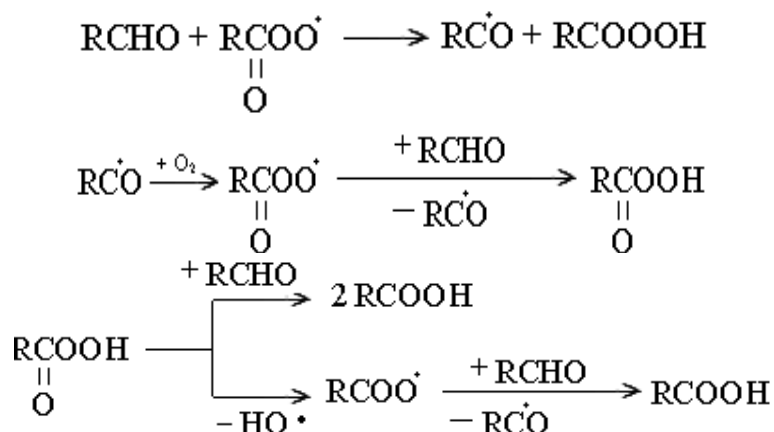
Бирламчи ва иккиламчи спиртлар гомоген катализда тегишли альдегид ва кетонларни ҳосил қилади. Уларнинг оксидланиши ҳам радикал – занжир механизмда боради. Бу моддаларнинг кетма – кет оксидланишидан оксигидропероксидлар ҳосил бўлади, агар реакцияда иккиламчи спирт олинса ундан кетон ва водород пероксид ҳосил бўлади.



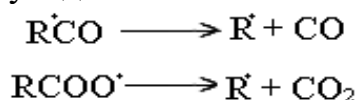
Ушбу занжирли реакцияда водород пероксид ҳосил бўлади, аксинча гидропероксидлар бошқа йўл билан парчаланиши мумкин ва бу жараёнда кетонлар ҳосил бўлади.



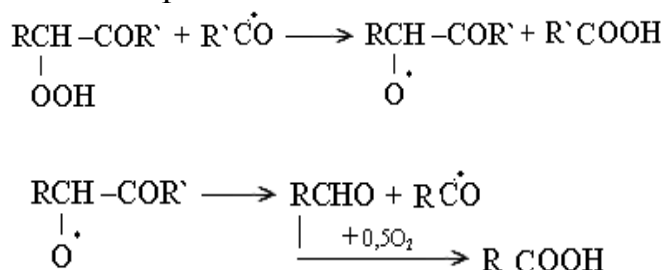
Альдегидлар осон оксидланувчи бирикмалардир. Уларнинг молекуласига эркин радикаллар ҳужуми натижасида энг бўш С – Н боғи узилади.



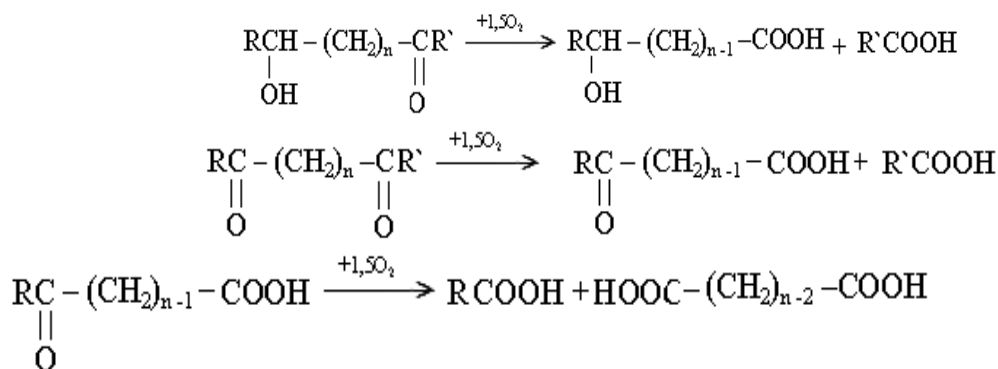
Температура ортиши билан альдегидларнинг оксидланишида оралик маҳсулот сифатида ҳосил бўлган радикаллар парчаланишидан радикал ва углерод оксидлари ҳам ҳосил бўлади.



Тескари α-кетонкислоталарнинг гомолитик ўзгариши радикал – занжир механизм асосида боради.

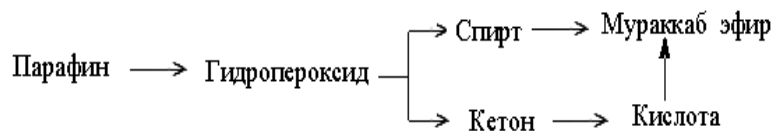


Бунда карбон кислоталар билан параллел ҳолатда кетонспиртлар ҳам ҳосил бўлади. Улардан эса кето ва оксикислоталар ҳамда монокарбон ва дикарбон кислоталар олинади.

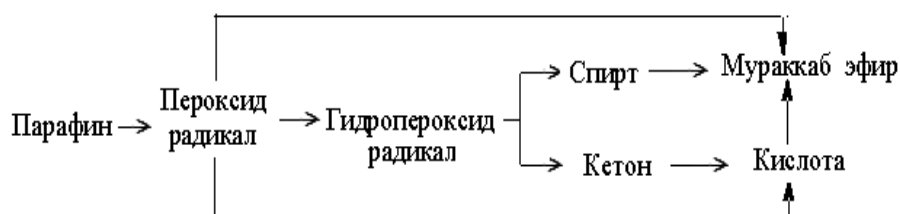


Карбон кислоталар (чумоли кислотадан ташқари) оксидланишга жуда барқарор бирикмалардир. Углеводородларнинг термик ёки каталитик оксидланиши қуйидаги кетма–кетликда ва параллел равишда

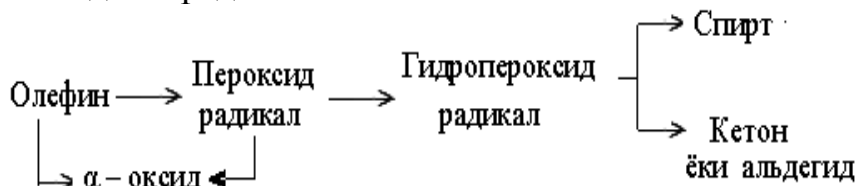
содир бўлишини Лангибек ва Прицковлар схематик тарзда қуйидагича изоҳладилар.



Кейинги йилларда олиб борилган тадқиқотлар натижасида парафинларнинг бундай кетма-кетликда оксидланиши ҳатто суюқ фазада ҳам пероксид радикаллари иштирокида бориши аниқланди.



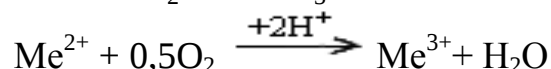
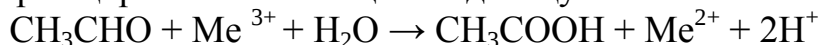
Олефинларнинг суюқ фазада оксидланиши эса қуйидаги схема асосида боради.



Жуда юқори температурада газ фазада барча асосий маҳсулотлар пероксид радикаллар ҳисобидан ҳосил бўлади.



Оксидланиш жараёнлари каталитик жараёнлар бўлиб гомоген катализда кўпинча кобальт ва марганец тузлари ҳамда кам активликдаги темир, хром тузлари катализатор сифатида қўлланилади. Кўп ҳолларда бу металлларнинг ўзгарувчан валентликдаги тузлари ишлатилади, бунда улар юқори валентлик ҳолатидан қуйи валентлик ҳолатига ўтади.



Гетероген катализда қўлланиладиган катализаторлар уч тоифага бўлинади.

- 1) металллар – Pt, Pd, Au, Ag, Cu.
- 2) ярим ўтказгич хоссали айрим металлларнинг оксидлари – V_2O_5 , CuO, Cu_2O , WO_3 , MoO_3 , Cr_2O_3 .
- 3) айрим металл тузлари (ванадатлар, вольфраматлар, молибдатлар, калай, рух, висмутларнинг тузлари) қўлланилади [7 – 13 – 18].

АСОСИЙ ҚИСМ

2.1. Парафинларнинг оксидланиши

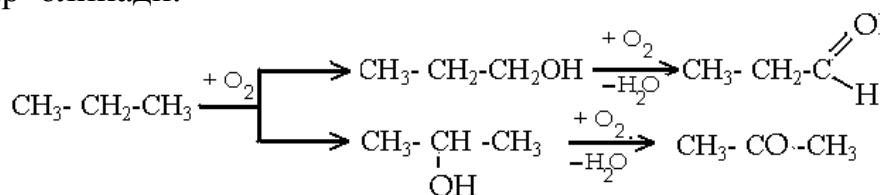
Метан қатори углеводородларининг оксидланиши молекуляр кислород иштирокида борганда углеводород занжири тузилиши ва узунлигига боғлиқ бўлади. Бундан ташқари бу жараёнларга газ ёки суюқ фазада катализаторлар, ингибиторлар ҳамда реакциялар механизми (радикал – ҳалқа – занжир) ҳам ўз таъсирини кўрсатади.

Нормал тузилишли алканларнинг молекуляр кислород иштирокида оксидланиши занжир узайиши билан ортиб боради. Масалан, атмосфера босимида катализатор иштирокисиз метан 420°C да оксидланиши бошланса, этан 285°C да, пропан 270°C да, қаттиқ парафинлар $140 - 150^{\circ}\text{C}$ да оксидланади. Шу билан бирга босим ортиши ҳам оксидланиш тезлигига ўз таъсирини кўрсатади.

Масалан, метан 100 атм. босимда 330°C да оксидлана бошлайди. Гомоген инициаторлар (азот оксидлари, водород бромид), гомоген катализаторлар суюқ фазада (марганец ва кобальт тузлари) ва шунингдек, гетероген катализда қўлланиладиган моддалар ҳам оксидланиш жараёнини ошириб, реакциянинг анча паст температурада содир бўлишига олиб келади.

Турли хил углеводород атомларининг оксидланишга таъсири қуйидагича ўзгаради: учламчи углерод > иккламчи углерод > бирламчи углерод. Бу радикал барқарорлигига боғлиқ бўлади. Аниқланишича, 300°C да оксидланиш нисбати 10:2:1 бўлади. Паст температурада суюқ фазада реакция қобилят ортади ва бу нисбат 120:10:1 га тенг бўлади.

Парафинлар гомоген оксидланиши углерод занжир деструкцияси содир бўлмасдан, қуйидагича содир бўлади ва бу жараёнда альдегид ва кетонлар олинади.



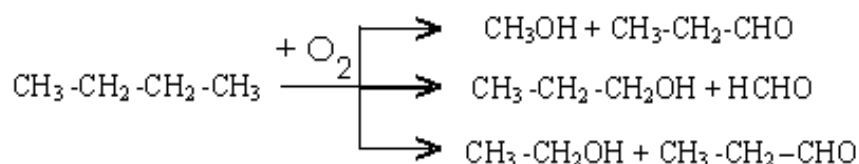
Углерод занжири қанча узун ва иккламчи углерод атомлари сони қанча кўпроқ бўлса, иккламчи спирт ва кетонлар миқдори ҳам шунча кўп бўлади.

Ҳосил бўладиган спирт ва карбоксил бирикмалар миқдорий нисбати углерод занжири деструкциясиз содир бўлганда кислород парциал босимига боғлиқ бўлади. Масалан, метаннинг газ фазадаги (100 атм ва 360°C) метанолнинг унуми ва кислород парциал босимига нисбатан қуйидагича бўлади.

O ₂ конц. ҳажми %	10,0	7,5	5,0	1,8	1,6
CH ₃ OH унуми %	2,4	5,8	12,9	35,0	60,0

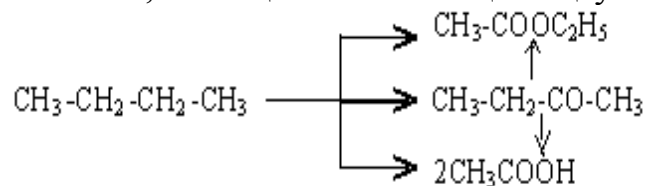
Барча парафинлар (метандан ташқари) оксидланишда газ фазада углерод занжири қанча ўзгарса, паст температурада шунча кўп маҳсулотлар ҳосил бўлади. Масалан; пропаннинг ҳаво билан оксидланиш нисбати 1:3,6 ва пропил спирт билан ацетон унуми 24% - 250° ва 373 °C да 2 % ни ташкил қилади.

Углеводородлар деструктив оксидланишдан спиртлар ва альдегидлар ҳосил бўлиши реакция шароитига боғлиқ. Масалан, н-бутан деструктив оксидланишдан олти хил бирламчи маҳсулотлар ҳосил бўлади.



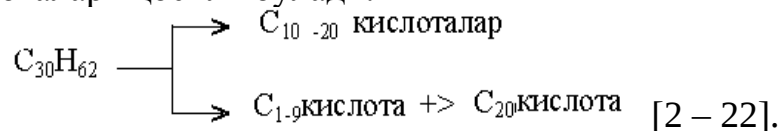
Бу жараёнда 400 °C да 34% метанол, 20% пропион альдегид; 290° C да эса 18% метанол ва 29% пропион альдегид ҳосил бўлади. Анча паст температурада иккиламчи углеродлар орасидаги боғлар узилади.

Парафинларнинг оксидланиш йўналишларидан энг муҳими уларни карбон кислотагача оксидлашдир. Масалан, н-бутан оксидланганда осонлик сирка кислота ҳосил бўлади ва бунда қўшимча маҳсулот сифатида метилэтилкетон, этилацетат ва бошқа маҳсулотлар олинади:



Ушбу жараёнда ҳосил бўладиган маҳсулотлар температурага ва н-бутаннинг чуқур оксидланишига боғлиқ.

Парафинларнинг суюқ фазада оксидланишидан янада мураккаб аралашмалар ҳосил бўлади. Олиб борилган тажрибалар шуни кўрсатадики, барча углероднинг узилиш эҳтимоллиги деярли бир хил. Масалан, таркибида 30 та углерод бор қаттиқ парафин оксидланса 60% C₁₀ –C₂₀ фракция ҳосил бўлади. Бир вақтнинг ўзида қуйи кислоталар (чумоли, сирка, пропион, мой кислоталар) ва юқори 20 та углерод сақлаган кислоталар ҳосил бўлади.



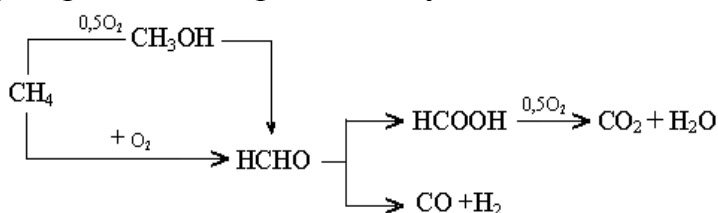
2.2. Қуйи парафинларнинг газ фазада оксидланиши

Саноат миқёсида қуйи парафинларнинг оксидланиши асосан формальдегид, метилспирт ва ацетальдегид олиш учун қўлланилади. Ҳосил бўлган маҳсулотлар кўп компонентли бўлгани учун ва уларни ажратиш қийин бўлишига қарамадан, углеводород хомашёсининг арзонлиги ва бир босқичда яхши унум бериши ушбу усулнинг иқтисодий жиҳатдан қулайлиги маълум бўлди.

Жараёнда кислород етишмаслиги ва қисқа вақтдаги контакт 0,5-15 сек.газ фазада юқори унум билан оксидланиш маҳсулотларини олишга имкон беради. Бундан ташқари жараёнда температура ва босимни танлаш ҳам муҳимдир.

Шунингдек жараёнда сув буғи билан суюлтирилган газлар, гомоген инициаторлар ($\text{HNO}_3, \text{NO}_2$) ва айрим ҳолларда гетероген катализаторлар қўлланилади.

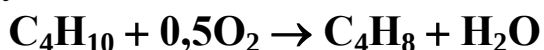
Метаннинг формальдегидгача оксидланиш реакцияси муҳим аҳамиятга эга. Амалиётда бу жараёнда ҳосил бўлган формальдегиднинг яна оксидланишга мойиллиги жуда катта қийинчилик туғдиради. Бунинг натижасида эса углерод оксидлари ҳосил бўлади.



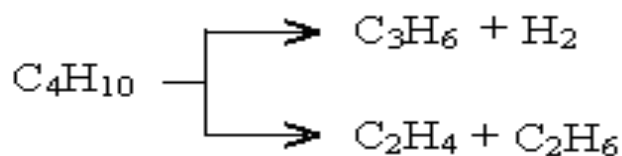
Ушбу ҳолатдан келиб чиққан ҳолда, турли катализатор ва инициаторлар қўлланилишидан қатъий назар юқори унум билан формальдегид олишга узоқ йиллар давомида эришилмади. Кислородга нисбатан метан унумини ошириш орқали ниҳоят улкан ютуққа эришилди.

Бир трубчат саноат қурилмаси реакторига метан ва кислород 3,7:1 нисбатда юборилади ва қўшимча ўн марта кўп циркуляцион газ билан аралаштирилади. 400-600°C да инициатор сифатида азот оксидлари қўлланилганда формальдегид унуми 35%ни ташкил этади.

Пропан, бутан ёки улар аралашмасини газ фазада оксидлаш катта бўлмаган миқдорда қўлланилиши яратилди. Бу жараёнда метанолдан ташқари формальдегид ва ацетальдегиддан бошқа спиртлар, альдегидлар, кетонлар, ацеталлар, мураккаб эфирлар, карбон кислоталар, углерод (IV) оксид ва сув ҳосил бўлади. Оксидланиш чуқур бўлмаслиги учун ҳаво ва углеводород нисбатини 1:3,5 дан 1:4 гача ҳажмий нисбатда олиш зарур. Температура ва босимнинг ортиши оксидланиш жараёнини оширади, қурулманинг иш унумини кўтаради. Маълум бўлишича, босимнинг ортиши парафинлар газ фазада оксидланишидан спирт ва альдегидлар ҳосил бўлиш унуми ортади. Кўп ҳолларда оксидланиш 7-10 атм айрим ҳолларда эса 20 атм босимда олиб борилади. Газ фазада оксидланишда температуранинг юқори оралиғи углеводородлар дегидратланиши ва крекингига сабаб бўлиши мумкин. Масалан, н-бутан 450-500°C оксидланишда қисман дегидратланади.



Натижада ҳосил бўлган алкеннинг қайта ўзгариши натижасида ҳатто 400°C да ҳам қўшимча реакциялардан қуйи парафинлар, олефинлар ҳосил бўлади.



Парафинларни газ фазада оксидлашда минимал температура интервали 250 - 280°C амалиётда эса 350 - 430°C да олиб борилади. Кўп ҳолларда бу жараён катализаторсиз боради. Ҳатто юмшоқ катализаторлар ҳам спирт ва альдегид унумини пасайтириш мумкин.

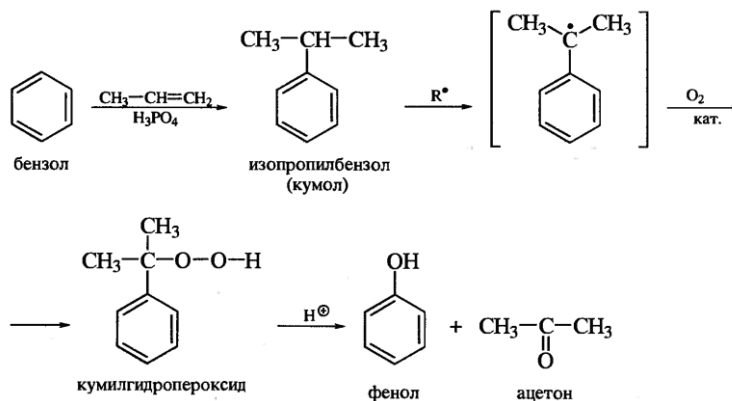
Тоза углеводород ёки кислород аралашмаси 350-370°C да циркуляцияга киритилиб контакт аппаратида юборилади. Оксидланишда ҳосил бўладиган иссиқлик натижасида температура 430- 450°C га кўтарилади ва атсорберга тушиб сув билан ювилади ва температура 70-80°C га тушади. Бир вақтнинг ўзида газ билан бирга формальдегид ва кам учувчан бирикмалар ушлаб қолинади. Бунда газ совуқ сув билан ювилади ва метанол, ацетальдегид, кетон, ацеталлар бирга ажралади, қолган газлар реакцияга киришмаган парафинлар, CO, CO₂, N₂ ва қуйи углеводородлар (метан, этан, этилен) крекинг натижасида ҳосил бўлган газлар ҳисобланади. Биринчи абсорбцион колонкада олинган формальдегид 15 - 25% ни ташкил қилади. Ундан учувчан аралашмаларни ҳайдаш орқали юқори учувчан маҳсулот ажратиб олинса 35-40%ли формалин олинади. У кам алмашинувчи смолалар ёки эритувчилар ёрдамида аралашмалардан экстракция қилиниб тозаланади.

Бир кг углеводороддан (C₃-C₄) 200 – 300г ацетальдегид, 200 – 300г формальдегид, 150 – 220г метанол, 30 – 60 г ацетон ва 200 – 250г уларга аралашган эритмалар олинади.

Суюқ фазали оксидланишда суюқ ҳолдаги н – бутан ишлатилади ва ундан сирка кислота олинади. Таркибида 0,3% кобальт ацетат ёки марганец ацетат сақлаган катализатор иштирокида жараён 60 атм босим ва 165 - 170° С температурада амалга оширилади. Реакцион колоннадаги катализаторли эритмага узлуксиз н – бутан юборилади. 100 кг н – бутандан 80 кг сирка кислота, 5 – 7 кг метилэтилкетон, 10 – 20 кг мураккаб эфирлар олинади.

Бундан ташқари учувчан енгил бензин фракцияси (30 - 90°C) арзон ҳамда қулай фракциядир, унда углерод C₅ – C₇ оралиғида бўлиши керак.

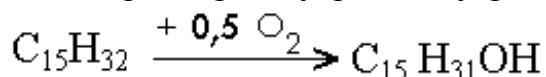
Кумол усулида изопропил бензол оксидланса фенол ва ацетон ҳосил бўлади, бу кумол усули дейилади.



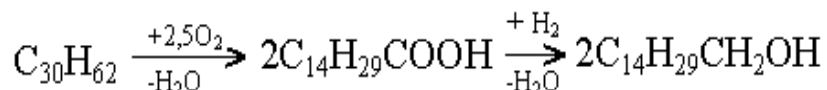
Бу усулнинг афзаллиги шундаки, бунда бирор қўшимча маҳсулот ҳосил бўлмайди. Бугунги кунда фенол шу усулда минглаб тонналаб ишлаб чиқарилади. Бу усул 1949 йил Р.Ю. Ундрис, Б.Д. Кружалов, М.С. Немцов ва П.Г. Сергеевлар томонидан собиқ иттифоқда яратилган. Кумол ўрнига этил бензол олинса, ацетофенон ва метилэтилкарбинол ҳосил бўлади. [1 – 9]

2.3. Суюқ фазали n-парафинларни оксидлаб спиртлар олиш

$C_{10}C_{20}$ таркибли юқори спиртлар амилсульфатлар типигаги сирт-фаол моддалар ва ювувчи воситалар олиш учун муҳим хомашё ҳисобланади. Улар углеводородларни тўғридан-тўғри оксидлаб олинади.



Бу жараёни куйидагича ҳам олиб бориш мумкин. Бунда дастлаб кислота ҳосил бўлади ва унинг гидрогенланишидан спирт ҳосил бўлади.



n-парафинлар асосида юқори спиртлар ($C_{10}-C_{20}$) олиш усулини А.Н.Башкиров йўлга қўйган. Башкиров усулида юқори спиртлар олиш учун хомашё вазифасини 275 – 320 °C даги газойил фракцияси (карбамидли депарафинизация қилиб олинган) яъни юмшоқ парафин фракцияси ўтайди. Юмшоқ парафин таркибидаги оксидланиш жараёнини тормозловчи ароматик углеводородлар миқдори 0,5 % дан ошмаслиги керак.

Оксидлаш жараёни узлуксиз барбатажловчи колонкада олиб борилади. Аввал колонкага n-парафин ва унга 4-5% борат кислотаси куйилади ва кислород азот аралашмаси (3-4,5 ҳажми O_2) билан барбатирланади. Бу жараён углеводородларнинг 35-40% и оксидлангунча давом эттирилади ва бунинг учун 3 соат вақт сарфланади.

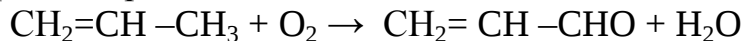
Бунда техник спирт 71% (бир атомли), гликоллар 14 кетоспиртлар 4 %, кетонлар 7% ва 2% углеводородлар олинади. Қаттиқ парафинларни суюқ фазали оксидлаб юқори молекуляр ($C_{10} - C_{20}$) ёғ кислоталарини синтез қилиш кўп тоннали оксидлаш муҳим жараёнлардан биридир. Бу реакция учун энг яхши хомашё 350 – 450 °C қайновчи тозаланган нефть парафинидир, унда углерод сони $C_{25} - C_{35}$ гача бўлади.

Катализаторсиз парафинларнинг суюқ фазали оксидланиши 150-170 °C да боради ва бунда паст навли кислоталар олинади. Нисбатан селектив жараёнлар учун катализаторлар сифатида калий перманганат сувли эритмаси, марганец тузлари, марганец пероксидлар қўлланилади.

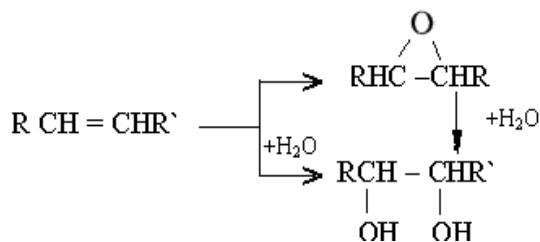
2.4. Тўйинмаган углеводородларнинг оксидланиши

Олефинлар ва бошқа қўшбоғ сақлаган бирикмалар парафинларга нисбатан оксидланиш жараёнларига турли туман киришади. Улар орасидан амалий аҳамиятга эга бўлганлари қуйидагилардир:

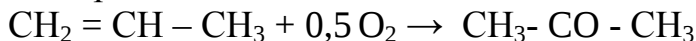
1) Олефинлар аллил ҳолатида қўшбоғни сақлаб карбонил бирикмалар ҳосил қилиб оксидлаш :



2) қўшбоғни эпексидлаш орқали α - оксидлар ва ундан гидроксилли бирикмалар олиш.

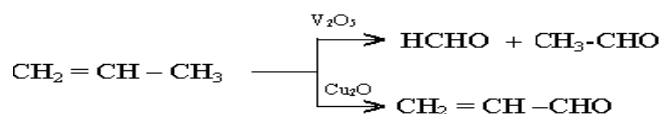


3) қўшбоғли углеводородни оксидлаб карбонил гуруҳи сақлаган бирикмалар олиш

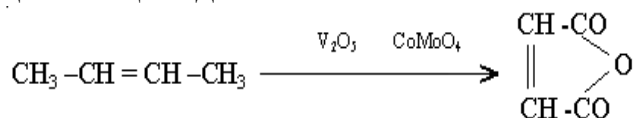


Олефинларни суяқ фазада гомоген инициаторлар (пероксидлар, гидропероксидлар) ёки катализаторлар (кобальт, марганец тузлари) иштирокида оксидланишидан асосан альдегидлар, кетонлар, спиртлар, гидропероксидлар, α -оксидлар ва бошқа аралашмалар ҳосил бўлади.

Олефинларни газ фазада оксидлашда гомоген катализ нисбатан селектив эканлиги аниқланди. Уларнинг баъзилари (платина, хроматлар) олефинни тўлиқ оксидлашга бошқаси (V_2O_5) олефиндаги қўшбоғни деструктив оксидлашга, учинчи тоифали (Cu_2O) катализаторлар қўшбоғни ўзгартирмасдан тўйинмаган карбонил бирикмалар (углерод сонини ўзгартирмасдан) ҳосил қилиш хусусиятларига эга ҳисобланишади.

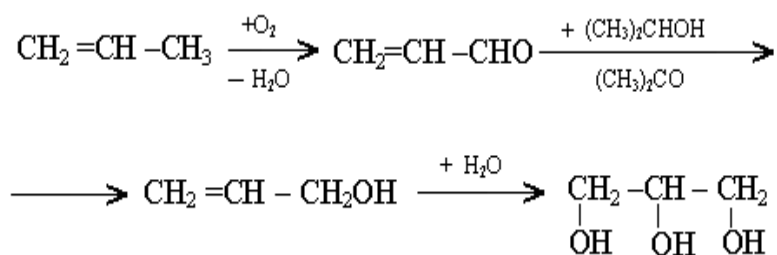


Маълум бўлишича, таркибида тўртта ва ундан ортиқ углерод сақлаган алкенлар V_2O_5 иштирокида тўйинмаган малеин кислотаси ва унинг ангидрини ҳосил қилади.



Юқоридаги барча реакциялар параллел ёки кетма-кет чуқур оксидланишидан CO_2 , CO ва сувни ҳосил қилади. Олефинларнинг акролеингача оксидланишида кислород атоми нишонланган углеродлар билан оксидланади. Олиб борилган тадқиқотлар натижасида маълум бўлдики, кислород ҳохлаган четки углерод атоми билан бир хил даражада боғланиши аниқланди.

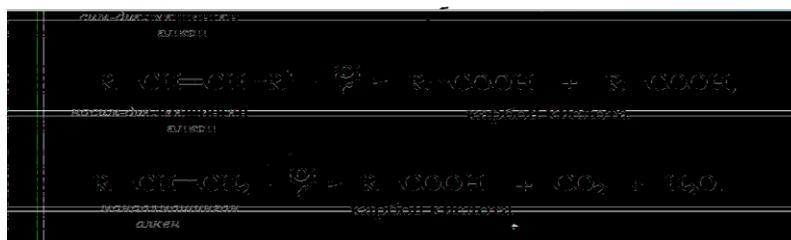
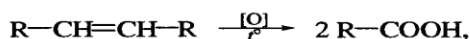
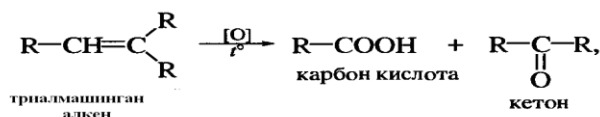
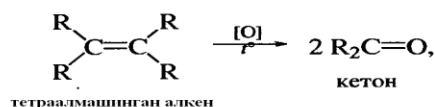
Акролеиннинг қайтарилиши аллил спиртни беради ва у ўз навбатида н-пропил спиртга айланади. Аллил спирт шунингдек, акролеинни қайтариш ва бир вақтнинг ўзида иккиламчи спиртларни кетонгача оксидлаш билан ҳам олинади.



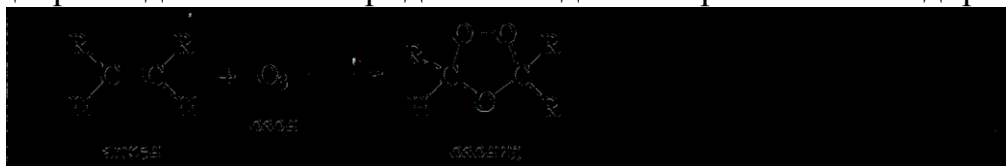
Акролеинни бундай оралиқ усулда олиш аллил спирт асосида бихлорланиш усулида глицерин олишга қаратилган [1-4-14].

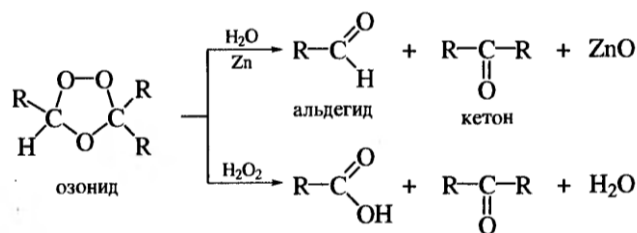
2.5. Алкенларни оксидлаб парчалаш. Озонолиз

Агар алкен ишқорий муҳитда калий перманганат билан қиздирилса дастлаб диоллар ва кейин эса C-C боғи узулиши содир бўлади. Бунда оксидловчилар сифатида $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$ ёки $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4$ лар қўлланилади ва реакция қиздириш билан олиб борилади. Алкенлар парчаланиши билан оксидланиш маҳсулотлари унинг тузилишидан келиб чиққан ҳолатда карбон кислоталар ёки кетон бўлиши мумкин.

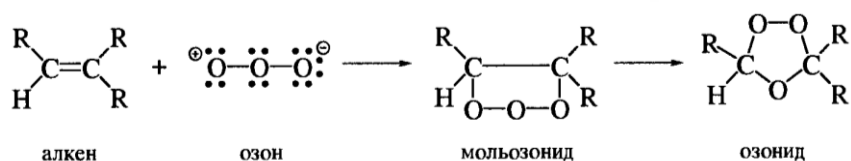


Амалиётда кўпинча алкенларни оксидлаб парчалашнинг озонолиз усули қўлланилади ва реакция икки босқичда боради, биринчи босқичда озонлашдан озонид ҳосил бўлса, иккинчи босқичда қайтарувчилар ёки водородпероксид билан таъсиридан озониднинг парчаланиши содир бўлади.

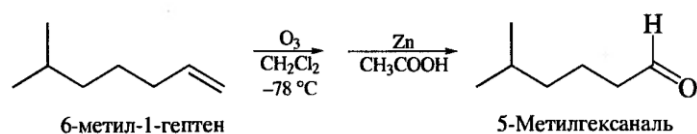




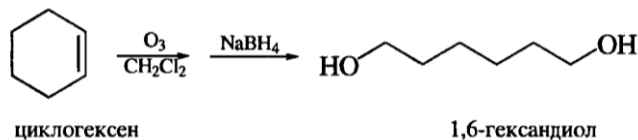
Реакциянинг биринчи босқичи 5-10% озоннинг кислороддаги аралашмаси инерт эритувчида паст температурада (-78°C , изопропил спирти ва куруқ муз аралашмаси) алкен эритмасидан ўтказилади. Озонлаш жараёни қуйидагича боради, бунда аввал мольозонод ва кейин унинг қайта гуруҳланишидан озонид ҳосил бўлади.



Юқорида кўрсатилганидек, реакциянинг иккинчи босқичида рух кукуни ва 50% ли сирка кислотаси иштирокида озониднинг парчаланиши ва охириги маҳсулот сифатида альдегид ва кетоннинг ҳосил бўлиши кузатилади. Агар озонид оксидловчи иштирокида парчаланса унда реакция маҳсулоти сифатида кислота ва кетон ҳосил бўлади.



Агар озонид натрийборгидрид билан ишлов берилса охириги маҳсулот сифатида унинг спирти ҳосил бўлади, циклоалкенлар бу шароитда диоллар ҳосил қилади.



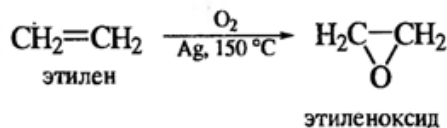
2.6. Этиленни оксидлаб этилен оксид олиш

Дастлаб кўриб ўтилган этилен оксидни этиленхлоргидрин асосида олишдан кўра этиленни тўғридан-тўғри оксидлаб олиш кенгрок қўлланилади ва бу усулга катта эътибор қаратилган. Этилен оксиднинг органик синтезда қўлланилиши жуда муҳимдир.

Этилен таркибида тўйинган углерод атоми бўлмаслигига қарамадан, унинг оксидланиши жараёнинг параметрлари ва катализаторга боғлиқ ҳолда турли йўналишда боради. Мис контакти ва ванадий (V) оксид билан $500-550^\circ\text{C}$ да асосан формальдегид ҳосил бўлса қўшимча маҳсулот сифатида чумоли кислота, этилен оксид, ацетальдегид, сирка кислота, оксалат кислота ҳамда қисман оксидланишдан углерод оксидлари олинади. Бошқа металл

контактларида ҳам шу температурада тўлиқ оксидланиш содир бўлади. Катализатор иштирокисиз формальдегид, ацетальдегид, этилен оксид, чумоли кислота бундан ташқари глиоксал ҳосил бўлади.

Саноатда этилен оксиди этиленни кумуш катализаторлигида ҳаво кислороди билан оксидлаб олинади.



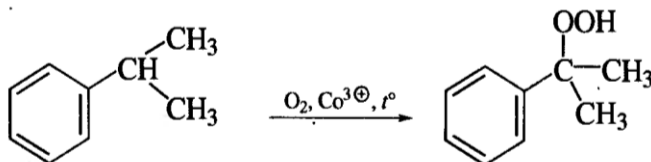
Селектив катализаторлар қўллаб этиленни оксидлаш орқали этилен оксид олиш ўтган асрнинг 30 – йилларида эришилди. Маълум бўлишича, турли ташувчиларга ёпиштирилган кумуш метали нисбатан паст температурада 200-300°C интервалда жуда селектив эканлиги аниқланган. Шу катализатор иштирокида юқори ҳароратда метаннинг тўлиқ оксидланиши, паст температурада эса жуда ҳам пасив жараён содир бўлади.

Маълумки этиленнинг тўлиқ оксидланиши қисман этиленоксиднинг кейинчалик яна оксидланиши орқали содир бўлади.

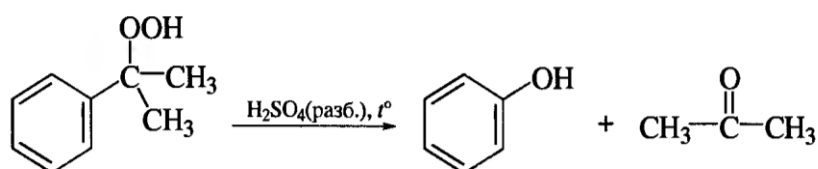
Бу жараёни кўргазмали қилиб нишонланган ^{14}C изотопи орқали яъни этиленда нишонланмаган ^{14}C изотопи ва этиленоксидида эса нишонланмаган углерод атоми сақлаган аралашма орқали аниқланган. Бунда ҳосил бўлган 75% CO_2 этиленоксиди ҳисобидан ҳосил бўлади.

2.7. Ароматик бирикмаларни оксидлаш

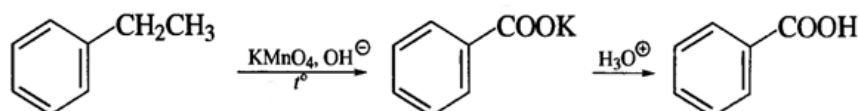
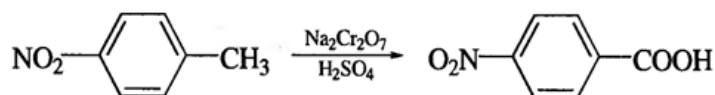
Бензол гомологлари осон бензол ҳалқаси эса қўшни (α – углерод) углеродидан оксидланади. Кумол методи саноатда фенол олишнинг асосини ташкил қилади. Бунда дастлабки маҳсулот сифатида бензолнинг пропилен билан ўзаро таъсиридан олинган кумол яъни изопропил бензол қўлланилади. Кумол ҳаво кислороди билан кобальт тузлари иштирокида оксидланганда радикал механизм бўйича реакция содир бўлади. Масалан, кумолнинг суюқ фазада ҳаво кислороди билан оксидланишидан никел ёки кобальт тузлари иштирокида кумол гидропероксидни ҳосил қилади.



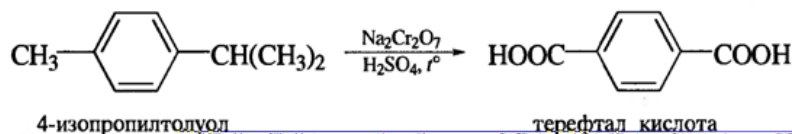
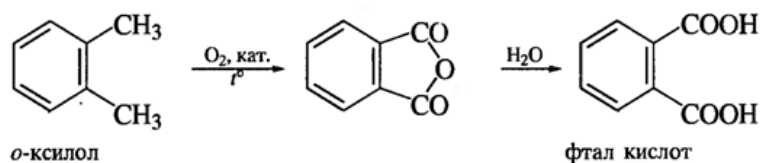
Бу реакция радикал механизм асосида боради. Ҳосил бўлган α – гидропероксидкумол суюлтирилган сульфат кислота билан юқори унумда фенол ва ацетонни ҳосил қилади. Бу усул фенол ва ацетон олишнинг энг самарали усули ҳисобланади.



Агар алкилбензоллар нисбатан юқори шароитда (каттик) оксидланса, бунда ароматик карбон кислоталар ҳосил бўлади.



Агар молекула таркибида бир неча алкил гуруҳ алкил гуруҳи бўлса, уларнинг барчаси оксидланади. Бунга мисол қилиб, о – ксилоннинг фтал кислотагача оксидланишини келтириш мумкин.

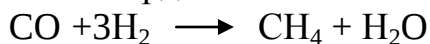


Алкилбензоллар озон билан оксидланганда бензол ҳалқасининг оксидланиши карбоксил гуруҳгача ўтади. Бундай реакция икки босқичда олиб борилади. Дастлаб алкилбензол озон ва сирка кислота билан таъсирлашади ундан кейин жараён водород пероксид билан қайта ишланиб карбон кислоталар олинади.

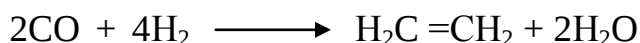
2.8. СО асосидаги синтезлар

Углерод оксидларни аввало органик бирикмага айлантириш учун аввало унинг таркибига водородни киритиш зарур.

Биринчи марта 1902 йил Сабате СО ни H_2 билан метангача қайтариш реакциясини амалга оширди.



Реакция 180°C да қайтарилган никел катализатори ишлатилиб амалга оширилди. Натижада мураккаб углеводородларни шу усулда олиш ғояси пайдо бўлди. Бу соҳадаги урунишлар дастлаб самара бермади. Лекин рус олими Е.И. Орлов 1908 йилда углерод оксиди ва водороддан 100°C ва атмосфера босимида никел-палладий катализатори қўллаб, этиленни синтез қилди. Натижада шу соҳадаги амалий ишларнинг бошланишига сабабчи бўлди.



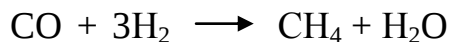
1913 йилда углерод (II)-оксиди ва водород билан босим остида 400⁰С бир қатор тажрибалар ўтказилди. Бундай шароитда углеводородлар билан бирга кислородли органик моддалар ҳосил бўлиши ҳам аниқланди.

1926 йилда бу жараёнга катализатор ҳам аралаштирилди, бунда 230⁰С ва атмосфера босимида темир оксиди ва рух оксиди иштирокида олиб борилганда метан ва этилен қатори углеводородлар ҳосил бўлар экан. Шундан кейин сув газ асосидаги углеводородлар синтезига киришилди. Бу ўз навбатида гетероген катализнинг катта ютуғи бўлди.

Бугунги кунда углерод оксиди ва водород асосидаги синтезлар саноатда муҳим аҳамиятга эга. Натижада улар асосида бензин, дизел ёқилғиси парафин, юқори спиртлар, баъзи кетонлар, альдегидлар олинади.

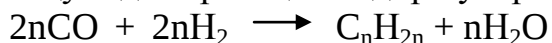
Углеводородлар синтези

Сабате 250⁰ углерод (II)-оксиди ва водородни майдаланган никел катализаторидан ўтказилганда метан ҳосил бўлар экан. Биз бу реакция билан юқорида танишиб чиқдик.

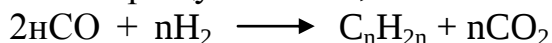


Кейинги изланишлар шуни кўрсатдики углерод оксидларини каталитик дегидрагенлаш натижасида тўғри занжирли углеводородлар ҳосил бўлар экан. Бу реакция сизга маълум бўлган Фишер-Тропиш реакциясидир.

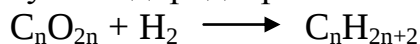
Агар 200⁰С атмосфера босимида никел ёки кобалт катализатори қўлланилса куйидаги реакция содир бўлар экан.



темир катализатори қўлланилса,



бироқ кейинги реакцияда синтез газ таркибидаги СО миқдорини водород нисбатан 1:0,5 нисбатда аралаштириш керак. Ҳосил бўлган тўйинмаган углеводородларнинг асосий қиси гидрогенланиб тўйинади.



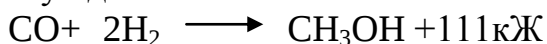
Углерод оксиди ва водород асоси бир қатор синтезларни амалга ошириш мумкин (1-схема).

Жараёнинг шароитини ва катализаторларни ўзгартириш орқали турли углеводородларни синтез қилиш мумкин. 2-жадвалда СО ва Н₂ асосидаги турли синтезларнинг шароитлари келтирилган.

Метанол ва бошқа спиртлар синтези

Юқорида айтиб ўтганимиздек биринчи марта амалий жиҳатдан 1913 йилда углерод оксиди ва водороддан биринчи марта кислородли органик бирикмалар синтез қилинди. Бироқ юқори босимда (120-150 ат) ва юқори температурада (360-420⁰С) серий, хром, кобалт, марганес ва бошқа металллар ҳамда уларнинг оксидлари иштирокида синтез олиб борилса углеводородлар ва уларнинг кислородли бирикмалари ҳосил бўлар экан.

Профессор Б.Н.Долгов ва ҳамкасблари хизматлари билан 1933 йилда биринчи марта углерод оксиди ва водород асосида метанол синтези заводи ишга тушди.



Реакциядан кўриниб турибдики босим ортиши ва температуранинг пасайиши метанолнинг унумини оширади. Агар 50 ат босим ва 300⁰С температурада метанол унуми 8% бўлса, 300 ат босимда ва шу температурада унум 62,3% га тенг бўлади. 1т метанол олиш учун 700 м³ СО, 1400-2000 м³ Х₂ сарфланади.

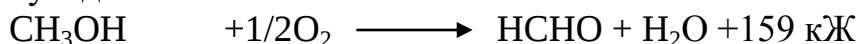
Метанол органик синтезнинг муҳим хом-ашё манбаидир, у асосида фармалдегид, антифриз, метилметакрилат, метилхлорид, ингибиторлар, лаклар, мотор ёқилғиларига қўшимчалар сифатида ва эритувчи сифатида ишлатилади.

Юқори спиртларнинг синтези ҳам метанолнинг синтезига ўхшайди, фақат унда газлар юқори температура ва паст тезлик билан синтез колоннасига киритилади.



Бу реакциядаги катализаторлар ҳам худди метанол синтезидаги сингари бўлади (2-жадвал). Реакция унуми эса 60-65% га тенг.

Синтез қилинган метанолнинг катта қисми 550-650⁰С да каталитик оксидланиш орқали фармалдегид олинади. Таркибида 35% метанол сақлаган спирт-ҳаво аралашмасига сув буғи қўшилганда эгзотермик реакция содир бўлади.

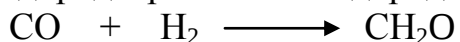


Бундан ташқари эндотермик дегидрогенланиш орқали ҳам фармалдегид олинади, реакция унуми эса 83-92% га тенг бўлади.



Альдегид, кетон ва кислоталар синтези

Альдегид, кетон ва кислоталар асосан углероднинг оксиди билан углеводородларнинг ёки водороднинг таъсирлашувидан синтез қилинади.



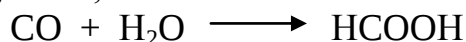
Бутандан бошлаб кейинги углеводородлар 20-40⁰С ва 300 ат босим ҳамда AlCl₃ катализаторлигида кетонлар ҳосил қилар экан.

СО билан олефинлар орасидаги реакция жуда яхши ўрганилди, реакция водород иштирокида осонлик билан боради ва бу оксосинтез деб юритилади. Шундай қилиб этилен ёки пропилен 100-200⁰С ва 1500 ат босим остида кобальт катализатордан ўтказилса 97% унум билан пропион ва мой алдегидлар ҳосил бўлар экан.

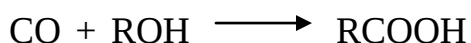


Углерод оксидлари асосида карбон кислоталар синтези аввал синтез қилинган альдегидлар асосида амалга оширилади. Бироқ тўғридан-тўғри карбон кислоталар синтез қилиш кўпчиликни қизиқтириши табиий.

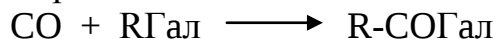
1) чумоли кислотани тўғридан-тўғри қуйидагича синтез қилиш мумкин;



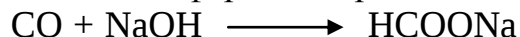
2) спиртлар асосида синтез қилиш;



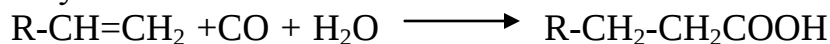
3) углерод оксидининг галоген ҳосилалар билан таъсиридан;



Бу усулларнинг кўпчилиги саноат усулида қўлланилмайди. Чумоли кислота ҳалигача фармиатлардан олинади.



Кислоталарни олефинларга углерод оксиди ва сув таъсир қилиб ҳам олиш мумкин.



Хулоса

1. Органик синтезда оксидланиш жараёнларига доир адабиётлар билан танишдим.
2. Йиғилган материаллар асосида оксидланиш реакцияларини алоҳида классификацияга солдим.
3. Реакциялар механизми, кинетикаси ва бошқа параметрларини ўргандим.
4. Оксидланиш реакциялари натижасида олинadиган энг муҳим органик маҳсулотлар ишлаб чиқариш билан танишдим.
5. Ушбу курс ишини бажариш вақтида йиғилган материалларда келгуси фаолиятим давомида фойдаланаман.

Адабиётлар рўйхати

1. Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза. М.: «Химия» 1971.-840 с.
2. Нейланд О.Я. Органическая химия. М.: «Высшая школа» 1990.- 750 с.
3. Терней А. Современная органическая химия.Т. 1. 570 с., Т.2. 651с. Перевод с англ.под редак. проф. Н.И.Суворова. М.: «Мир». 1981.
4. Гауптман З., ГрEFE Ю., Ремане Х. Органическая химия. Перевод с нем.под редак. проф.В.М.Потапова. М.: «Химия». 1979.- 832 с.
5. Марч Дж. Органическая химия.Т.1.380 с. Т.2.504 с., Т.3.460с, Т.4.468 с. Перевод с англ. под редак.акад. И.П.Белецкой. М.: «Мир». 1988.
6. Робертс Дж., Кассерио М. Основы органической химии. Т.1.842с. и Т2. 888 с. Перевод с англ. под редак.акад. А.Н.Несмеянова. М.: «Мир».1988 .
7. Аргономов А.Е. Избранные главы органической химии. М.: «Химия» 1990.- 560 с.
8. Шрайнер Р., Фьюзон Р., Кертин Д., Моррил Т. Идентификация органических соединений. Перевод с англ. под редак.проф. Б.А.Руденко. М.: «Мир» 1983 .- 704 с.
9. СильверSTEIN Р., Басслер Г., Морил Т. Спектрометрическая идентификация органических соединений. Перевод с англ. под редак. д-ра хим.наук А.А.Мальцева. М.: «Мир» 1977.- 586 с.
10. Гинзбург О.Ф., Завгородний В.С., Зубрицкий Л.М., Павлова Л.А., Ралль К.Б. Севбо Д.П., Стадничук М.Д. Практикум по органической химии. М.: «Высшая школа» 1989. - 317 с.
11. Демлов Э., Демлов З. Межфазный катализ. Перевод с англ. под редак. д-ра хим.наук. Л.А.Яновский. М.: «Мир» 1987.- 485 с.
12. Титце А., Айхер Т. Препаративная органическая химия. Перевод с англ. под редак.д-ра.хим.наук Алексеева Ю.Е. М.: «Мир» 1999.- 704 с.
13. Потапов В.М., Татаринчк С. Н. Органическая химия. М.: “Химия” 1972.- 511с.
14. Артеменко А.И. Органическая химия. М.: “Просвещение” 1982.-575с.
15. Грандберг И.И. Органическая химия. М.: “Дрофа” 2002.-673с.
16. Травень В.Ф. Органическая химия. Учебник для вузов: В2-т. М.: “Академ книга” Т.1.-2004.-727с.
17. Травень В.Ф. Органическая химия. Учебник для вузов: В2-т. М.: “Академ книга” Т.2.-2004.-582с.
18. Искандаров С.И., Абдусаматов А.А., Шоймардонов Р.А. Органик химия. Т.: “Ўқитувчи” 1979.-615б.
19. Ахмедов Қ.Н., Йўлдошев Х.Й. Органик кимё усуллари. Т.: “Университет”, 2003. – 252б.
20. Шоймардонов Р.А., Умаров Б.Б. “Органик кимё” 1-қисм Бухоро - Университет. 2005. - 442 б.