



RĪGAS TEHNISKĀ  
UNIVERSITĀTE

# BĪSTAMO VIELU LIETOŠANAS DROŠĪBA

Valentīna Urbāne,  
Skaidrīte Lavendele

2023  
RTU Izdevniecība

**RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE**

**Darba un civilās aizsardzības institūts**

**Valentīna Urbāne, Skaidrīte Lavendele**

**BĪSTAMO VIELU  
LIETOŠANAS DROŠĪBA**

**Trešais izdevums**

**RTU Izdevniecība**

**Rīga 2023**

Valentīna Urbāne, Skaidrīte Lavendele. Bīstamo vielu lietošanas drošība. Trešais izdevums. Rīga: RTU Izdevniecība, 2023, 222 lpp.

Mācību grāmata paredzēta profesionālās maģistra studiju programmas “Darba aizsardzība” studentiem, kas apgūst studiju kursu par bīstamo vielu lietošanas drošību.

Grāmata būs noderīga arī darba aizsardzības speciālistiem, kas ir saistīti ar darba vides risku izvērtēšanu saistībā ar dažādu cilvēka organismam kaitīgu vielu lietošanu ražošanas un citos uzņēmumos.

Grāmatā klasificētas bīstamības kategorijas, detalizēti aplūkotas neorganiskas un organiskas bīstamās vielas, kā arī sniegts ievads toksikoloģijā un toksikometrijā.

Izsakām pateicību ārstei A. Šavrovai par šīs grāmatas nodaļas “Toksikoloģija” sagatavošanu publicēšanai.

#### Recenzenti

*Dr. oec. prof. Jānis Ieviņš*

*Dr. sc. ing. prof. Vladimirs Jemeljanovs*

Apstiprināta Darba un civilās aizsardzības katedras sēdē 2023. gada 31. janvārī, protokols Nr. 2.

<https://doi.org/10.7250/9789934229572>

ISBN 978-9934-22-957-2 (pdf)

© Rīgas Tehniskā universitāte, 2023

© Valentīna Urbāne, Skaidrīte Lavendele, 2023

# Saturs

IEVADS .....	6
1. BĪSTAMĪBAS KATEGORIJU KLASIFIKĀCIJA .....	7
1.1. Fiziskā bīstamība.....	7
1.2. Bioloģiskā bīstamība.....	9
1.3. Ķīmiskā bīstamība.....	10
1.3.1. Kodīgās un kairinošās vielas .....	10
1.3.2. Sensibilizējošās vielas.....	10
1.3.3. Oksidētāji.....	11
1.3.4. Eksotermiskas reakcijas.....	13
1.3.5. Reakcijas, kuru rezultātā veidojas toksiskas vielas.....	13
1.3.6. Bīstamās reakcijas ar ūdeni.....	13
1.3.7. Jonizējošā radiācija.....	13
1.4. Videi bīstamas vielas .....	14
1.5. Bīstamo vielu marķēšana.....	15
1.5.1. Ķīmisko vielu bīstamības simboli un apzīmējumi.....	15
1.5.2. Ķīmiskās vielas etiķete .....	16
1.5.3. Ķīmiskās vielas drošības datu lapa .....	18
1.5.4. Iepakojums (CLP regulas 35. pants, ii, 3.1., 3.2. sadaļas) .....	29
1.6. Ķīmisko vielu riska novērtēšana .....	30
1.7. Putekļi un to klasifikācija.....	31
1.7.1. Putekļu bioloģiskā iedarbība un bīstamība veselībai.....	33
1.7.2. Fibrogēna iedarbība.....	38
1.7.3. Kairinoša iedarbība.....	38
1.7.4. Alerģiska iedarbība.....	38
1.7.5. Kancerogēna iedarbība .....	39
1.7.6. Vispārtoksiska iedarbība.....	39
1.7.7. Iedarbība uz ādu .....	39
1.7.8. Pasākumi cilvēka veselības aizsargāšanai no putekļu iedarbības.....	39
2. NEORGANISKAS VIELAS KĀ KAITĪGS ĶĪMISKAIS FAKTORS.....	40
2.1. Veselībai kaitīgie metāli.....	40
2.1.1. Akūta intoksikācija .....	40
2.1.2. Hroniska intoksikācija.....	41
2.1.3. Apkārtējās vides iedarbība.....	45
2.2. Sārnu metālu un to savienojumu iedarbība.....	46
2.2.1. Bīstamība un tās novēršana .....	46
2.2.2. Citi I grupas metāli.....	50



2.3. Toksiskie II grupas elementi (Be, Mg, Ca, Sr).....	52
2.4. Veselībai bīstamie nemetāli.....	54
2.5. Halogēni un to savienojumi.....	56
2.6. Ūdeņradis.....	56
2.7. Oksidētāji.....	59
2.8. Veselībai kaitīgi oksīdi.....	62
2.8.1. Slāpekļa oksīdi.....	66
2.9. Skābes.....	69
2.10. Nitrāti.....	76
2.11. Sārmi.....	76
3. ORGANISKĀS VIELAS.....	79
4. HALOĢĒNAIZVIETOTIE ALIFĀTISKIE OGĻŪDEŅRAŽI.....	82
4.1. Svarīgākie hlorētie alkāni.....	85
4.2. Nepiesātinātie ogļūdeņraži.....	87
4.3. Bromētie alifātiskie ogļūdeņraži.....	89
4.4. Jodētie alifātiskie ogļūdeņraži.....	91
4.5. Halogēnaizvietotie ogļūdeņraži ar diviem vai vairākiem dažādiem halogēniem.....	91
4.5.1. Piesātinātie.....	91
4.5.2. Nepiesātinātie.....	92
4.6. Alilsavienojumi.....	93
5. AROMĀTISKIE OGĻŪDEŅRAŽI.....	95
6. POLICIKLISKIE AROMĀTISKIE OGĻŪDEŅRAŽI.....	101
7. SKĀBEKLI SATUROŠI ORGANISKIE SAVIENOJUMI.....	102
7.1. Spirti.....	102
7.2. Pentanoli.....	108
7.3. Aromātiskie spirti.....	109
8. ORGANISKĀS SKĀBES UN TO ANHIDRĪDI.....	113
8.1. Piesātinātās monokarbonskābes.....	113
8.2. Nepiesātinātās monokarbonskābes.....	116
8.3. Alifātiskās dikarbonskābes.....	116
8.4. Halogēnetiķskābes.....	118
8.5. Jaukta tipa alifātiskās monokarbonskābes.....	119
8.6. Aromātiskās skābes.....	120
8.7. Naftēnskābes.....	120
9. ALDEHĪDI UN ACETĀLI.....	124
9.1. Aldehīdi.....	124
9.2. Vanilīns.....	127
9.3. Ketāli.....	130
9.4. Ketoni.....	131

9.5. Amīni.....	137
9.6. N-nitrozosavienojumi .....	148
9.7. Nitrīdi un cianīdi .....	154
10. UGUNSBĪSTAMĀS VIELAS.....	159
11. POLIMĒRI.....	163
11.1. Polimerizācijas sveķi .....	163
11.2. Vinilhlorīda kopolimēri.....	171
11.3. Polikondensācijas sveķi.....	174
11.4. Poliamīdi .....	177
11.5. Poliesteri.....	180
11.6. Elastomēri .....	183
11.7. Plastmasas rūpniecība Latvijā un Eiropā.....	183
12. POLIMĒRU BĪSTAMĪBA UN APSAIMNIEKOŠANAS STRATĒGIJAS .....	187
12.1. Plastmasas apstrādes metodes .....	189
12.2. Plastmasas atkritumu kaitīgā ietekme.....	189
12.3. Plastmasas atkritumu apsaimniekošanas stratēģijas .....	191
13. TOKSIKOLOĢIJA .....	195
14. TOKSIKOMETRIJA.....	196
14.1. Toksikometrijas galvenie parametri.....	196
14.2. Toksikokinētika.....	201
15. Ķīmisko vielu bīstamība un likumdošana.....	211
LITERATŪRA .....	216
Alfabētiskais rādītājs.....	219

## IEVADS

Mēs dzīvojam vidē, kurā katru dienu saskaramies ar ķīmiskajām vielām, sākot no personīgās higiēnas līdzekļiem un mājsaimniecības produktiem līdz rūpniecībā izmantotajām ķīmiskajām vielām.

Lai arī lielākā daļa ķīmisko vielu ikdienā atvieglo sadzīvi, padara to ērtāku un drošāku, tomēr ir arī tādas, kas var radīt kaitējumu cilvēka veselībai un videi. Pieaugot ķīmisko vielu patēriņam, pieaug arī risks to iespējamam kaitējumam cilvēku veselībai un videi, tāpēc ir svarīgi ķīmisko vielu ražošanu un lietošanu pārvaldīt ar pienācīgu atbildību.

Ķīmisko vielu droša izmantošana un aprītes kontrole Latvijā ir saistīta ar Eiropas Savienības direktīvu prasībām atbilstošu normatīvo aktu izstrādāšanu un regulu piemērošanu.

Saskaņā ar Ķīmisko vielu likumu ir izdoti vairāki Ministra kabineta noteikumi, kas nosaka nepieciešamo izglītības līmeni personām, kuras veic uzņēmējdarbību ar ķīmiskajām vielām; prasības laboratoriju darba kvalitātei un inspicēšanai; prasības ķīmisko vielu uzskaitēi; ķīmisko vielu klasificēšanai, iepakojšanai, marķēšanai; prasības, veicot darbības ar biocīdiem; nosacījumus ķīmisko vielu lietošanas ierobežojumiem elektriskajās un elektroniskajās iekārtās; prasības rūpniecisko avāriju riska novērtēšanai un riska samazināšanai; prasības par ozona slāni noārdošajām vielām un fluorētajām siltumnīcefekta gāzēm, kas ir aukstuma aģenti; prasības fosfātus saturošu veļas mazgāšanas līdzekļu tirdzniecībai. Veicot darbības ar ķīmiskajām vielām ir jāņem vērā Latvijas Republiku saistošie Eiropas Savienības normatīvie akti.

Dažādu darba vides risku faktoru iedarbība var apdraudēt nodarbināto drošību un veselību, darba aizsardzības prasību neievērošana var radīt ekonomiskus zaudējumus (piemēram, slimības dēļ zaudētas darba dienas, sabojātas iekārtas) Arī darbs ar ķīmiskajām vielām nav izņēmums – tās var apdraudēt cilvēka drošību un veselību! Saskaroties ar ķīmiskajām vielām, visbiežāk nodarbināto veselība var būt bojāta:

- nelaimes gadījumu dēļ gūstot acu traumu, aci iekļūstot kodīga šķīduma šļakatai, vai ādas apdegumi un citi;
- dažādu darba vides risku faktoru iedarbības dēļ iegūti akūti un hroniski veselības traucējumi (arī arodslimības).

Neraugoties uz ražošanas un dažādu pakalpojumu modernizāciju, ķīmiskās vielas un putekļi joprojām ir ikdienišķa parādība gandrīz jebkurā darbavietā. Katrā uzņēmumā jābūt izveidotai Darba aizsardzības sistēmai, jāklasificē ķīmiskās vielas, izskatot šādus aspektus:

- vielas bīstamība nodarbinātajiem un iedzīvotājiem kopumā;
- vielas bīstamība apkārtējai videi transportēšanas un izmantošanas laikā.

Vielu klasifikācijas mērķis ir dot lietotājam īsu un saprotamu, kaut dažreiz tikai aptuvenu, informāciju par izmantojamo vielu, par piesardzības metodēm un aizsardzības paņēmieniem darbā ar to.

# 1. BĪSTAMĪBAS KATEGORIJU KLASIFIKĀCIJA

Vielas klasificē atbilstoši cilvēkiem un videi nodarītajam kaitējumam.

1. Fiziski bīstamas – sprādzienbīstamas, oksidējošas, īpaši viegli uzliesmojošas, viegli uzliesmojošas, uzliesmojošas.
2. Bioloģiski bīstamas – ļoti toksiskas, toksiskas, kaitīgas, agresīvas, kairinošas, kancerogēnas, mutagēnas, teratogēnas.
3. Bīstamas apkārtējai videi.
4. Ķīmiskā bīstamība.

## 1.1. Fiziskā bīstamība

Ja ražojamās vielas īpašības atbilst vienai vai vairākām no minētajām kategorijām, tad uz vielas iepakojuma jābūt simboliem un standartizētiem uzrakstiem, kas norāda kā iespējamo bīstamību, tā arī nekaitīgas lietošanas paņēmieni, t. i., jāizmanto marķējumi un etiķešana.

Sprādzienbīstamās vielas marķē ar bīstamības paskaidrojumu “Sprādzienbīstams”. Šai kategorijai atbilst vielas vai produkti, kas var sprāgt uguns iedarbības rezultātā, vai arī vielas un produkti, kas jutīgi pret triecieniem vai berzi (piem., dinitrobenzols). Definīcija ņemta no starptautiskā bīstamu kravu transportēšanas standarta un ļauj dinitrobenzolu izmantot kā etalonu.

Produkta pieskaitīšana sprāgstvielām ir ne vien eksperimenta rezultāts, bet arī pamatota ar tā īpašībām. Pareizāk būtu atšķirt “sprāgstvielas”, kas izmantojamas sprādziena radīšanai, un “sprāgstošas vielas”, kas pēc savas dabas ir sprādzienbīstamas, bet nav paredzētas sprādziena izraisīšanai, tomēr var būt bīstamas sprāgstot (sprāgstvielas, piem., oksīdi; sprāgstošas vielas, piem., nitroglicerīns).

Sprādzienbīstamās vielas ir cietas, pastveida vai želejveida vielas un produkti, kas pat apstākļos, kad gaiss nesatur skābekli, var reaģēt eksotermiskā formā, strauji veidojot gāzes. Tās ir vielas, kas noteiktos apstākļos detonē, strauji uzliesmo vai daļēji sasilušas eksplodē.

Spēcīgus oksidētājus marķē ar bīstamības skaidrojumu “Spēcīgs oksidētājs”. Tās ir vielas un produkti, kas, saskaroties ar citiem materiāliem, sevišķi degošiem, izraisa eksotermisku (siltumam izdaloties) reakciju. Pašreiz vēl nav vispāratzītas metodes vielas kā oksidētāja definēšanai. Vielu klasificē, pamatojoties uz tās sastāvā esošo aktīvo komponentu īpašībām. Piemēram, šajā grupā ieskaitāmi visi organiskie peroksīdi, kas nav klasificēti kā sprāgstošas vielas. Šīs vielas vienlaikus var pieskaitīt kā sprāgstošām vielām, jo tās ir nestabilas, tā arī oksidējošām, jo tām ir oksidējošas īpašības.

Īpaši viegli uzliesmojošas vielas marķē ar bīstamības skaidrojumu “Īpaši viegli uzliesmojošs”. Īpaši viegli uzliesmojošām vielām uzliesmošanas temperatūra ir zemāka par 0 °C un viršanas temperatūra ir mazāka vai vienāda +35 °C. Šai kategorijai

pieskaitāms etilspirts, etilformiāts, acetaldehīds, ūdeņradis, metāns, etāns, acetilēns, etilēns, oglekļa oksīds, sašķidrināta naftas gāze, etilēna oksīds un citi produkti, kas istabas temperatūrā pāriet gāzveida stāvoklī un ar gaisu veido sprāgstošu maisījumu plašā koncentrācijas diapazonā.

Uzliesmojošas vielas marķē ar bīstamības skaidrojumu “Viegli uzliesmojošs”. Šajā kategorijā iekļauj:

- vielas un produktus, kas kontaktā ar gaisu istabas temperatūrā, nepievadot papildu enerģiju, var aizdegties (piem., ūdeņradis);
- cietas vielas un produktus, kas viegli uzliesmo, nonākot īslaicīgā saskarē ar liesmu, bet, liesmu attālinot, dziest (piem., alumīnija putekļi);
- šķidrās vielas vai produktus, kam viršanas temperatūra ir zemāka par +21 °C (piem., etilēteris);
- gāzes, kas pie normāla spiediena uzliesmo gaisā (piem., ūdeņradis);
- vielas un produktus, kas, kontaktējoties ar ūdeni vai mitru gaisu, bīstamā daudzumā izdala degošas vielas, piemēram, hidrīdi, alkilalumīnijs, baltais fosfors un vairums organisko šķīdinātāju.

Uzliesmojošas vielas marķē ar bīstamības skaidrojumu “Uzliesmojošs”. Šai kategorijai pieskaitāmas vielas un produkti, kuru uzliesmošanas temperatūra ir robežās no +21 °C līdz +55 °C. Piemēram, vairums organisko šķīdinātāju un daudzi naftas destilācijas produkti. Uzliesmošanas definīcija, izmantojot uzliesmošanas temperatūru, ļauj veikt klasifikāciju, pamatojoties uz labi izstrādātiem kritērijiem un laboratorijas testiem.

Starptautiskā Darba organizācija piedāvā šādu vielu klasifikāciju:

- īpaši viegli uzliesmojoši šķidrums ar uzliesmošanas temperatūru zemāku par – 6,7 °C (20 °F);
- uzliesmojoši šķidrums ar uzliesmošanas temperatūru līdz +37,8 °C (100 °F);
- uzliesmojošas gāzes, kas ar gaisu veido degošu maisījumu pie 13 % vai zemākas koncentrācijas, vai arī tās var aizdegties nefiksējama attāluma robežās;
- uzliesmojošas cietas vielas, kam raksturīga pašaizdegšanās vai arī tās aizdegas citu cēloņu dēļ. Šīs vielas deg ilgi un intensīvi, tādējādi radot bīstamību (piem., dažādas plastmasas).

1. tabula

**Uzliesmojošo šķidrumu iedalījums**

Kategorija	Uzliesmošanas temperatūra $t_u$ , °C	Viršanas temperatūra $t_v$ , °C
Ļoti viegli uzliesmojošs	$t_u < 0$	$t_v < 35$
Viegli uzliesmojošs	$t_u < 21$	
Uzliesmojošs	$21 < t_u < 55$	

## 1.2. Bioloģiskā bīstamība

Toksiskas un kaitīgas ir vielas vai produkti, kas nonākot dzīvā organismā ieelpojot, norijot vai caur ādu izraisa:

- smagu, akūtu vai hronisku sasilšanu vai noved pie letāla iznākuma. Šādas vielas klasificē kā īpaši toksiskas (piem., kālija cianīds);
- akūtus vai hroniskus veselības traucējumus ar letālu iznākumu. Šādas vielas klasificē kā toksiskas (piem., akrilnitrīts);
- daļējus veselības traucējumus. Šādas vielas klasificē kā kaitīgas (piem., spirti).

Īpaši toksiskos un toksiskos produktus marķē ar simbolu galvaskauss un sakrustotiem kauliem, kaitīgas vielas marķē ar bīstamības skaidrojumu "Kaitīgs". Nozīmīgākie raksturojošie lielumi, kas palīdz noteikt produkta toksiskuma pakāpi, ir letālā deva un letālā koncentrācija.

Letālā deva ( $LD_{50}^2$ ) ir produkta daudzums, pēc kura ievadīšanas žurku kuņģī 50% dzīvnieku noteiktos eksperimenta apstākļos iestājas nāve. Letālo devu izsaka toksiskās vielas vai produkta mg attiecībā pret izmēģinājuma dzīvnieka svara vienību (kg). Lai noteiktu vielas toksiskumu cilvēkiem, šos datus var izmantot tikai orientējoši, tie var izrādīties kļūdaini. Tomēr šie dati pārlicinoši lietojami ķīmisko produktu toksiskuma pakāpju salīdzināšanai.

Letālā deva, kas tiek uzņemta caur ādu (resorbīvi) arī tiek izteikta mg/kg, tā norāda to vielu vai produktu toksiskuma pakāpi, kas organismā nokļūst caur ādu.

Izmēģinājumos ar žurkām, tām ieelpojot toksisko vielu, tiek noteikts arī parametrs  $LC_{50}^2$ : letālā bīstamās vielas koncentrācija, kas tiek izteikta mg/l. Šajā gadījumā netiek dota atsauce uz izmēģinājuma dzīvnieka svara vienību. Koncentrācija  $LC_{50}^2$  tiek saistīta ar izmēģinājuma iedarbības laiku, parasti tas ir 4 stundas.

Saindēšanās gadījumos lielumi 2. tabulā kalpo kā informācija. Devas, kas izraisa letālu iznākumu, tiek nodalītas atsevišķi no tām, kas izraisa atsevišķu orgānu darbības traucējumus.

2. tabula

Toksisko vielu un produktu iedalījums

Kategorija	$LD_{50}^2$ žurkām, uzņemot vielu orāli, mg/kg	$LD_{50}^2$ žurkām vai trušiem, vielai iedarbojoties caur ādu, mg/kg	$LD_{50}^2$ žurkām, vielu ieelpojot, mg/l	
			aerosoli vai daļiņas	gāzes vai tvaiki
Ļoti toksiskas	25	50	0,25	0,5
Toksiskas	25–250	50–400	0,25–1	0,5–2
Kaitīgas	200–20000	400–2000	1–5	2–20

## 1.3. Ķīmiskā bīstamība

### 1.3.1. Kodīgās un kairinošās vielas

Kodīgās vielas marķē ar bīstamības skaidrojumu “Kodīgs”. Atkarībā no bīstamības pakāpes tās iedala ļoti kodīgās vielās un kodīgās vielās.

3. tabula

Kodīgu vielu iedalījums

Kategorija	Laiks, kurā, saskaroties ar ādu, viela izraisa apdegumu
Ļoti kodīgas vielas	<3 minūtēm
Kodīgas vielas	līdz 4 stundām

Tātad kodīgas ir vielas, kas, saskaroties ar dzīvjiem audiem, var tos noārdīt. Kairinošas ir vielas un maisījumi, kas, īslaicīgi, ilglaicīgi un atkārtoti saskaroties ar veselū ādu vai gļotādu, rada iekaisumu.

Noteikt robežu starp kodīgu un kairinošu vielu ir diezgan grūti. Kodīgas vielas saskares vietā rada ļoti dziļu nekrozi (audu atmiršanu). Kairinoša viela rada tikai virsmas efektu. Bieži vien kodīgu vielu nelielā koncentrācijā var uzskatīt par kairinošu vielu. Līdzīgi kairinošās vielas var neizraisīt kairinošu efektu, ja to koncentrācija ir zemāka (piem., sērskābei zemāka par 40 %).

### 1.3.2. Sensibilizējošās vielas

Sensibilizējošās vielas (ķīmiskie alergēni) marķē ar bīstamības skaidrojumu “Kaitīgs”. Tās ir vielas un produkti, kas, iekļūstot organismā ieelpojot, uzsūcoties caur ādu, var izraisīt paaugstinātu jutību (hipersensibilitāti). Atkārtota šo vielu iedarbība var radīt raksturīgas negatīvas sekas. Ķīmisko produktu alerģiskais raksturs tiek noteikts, galvenokārt vadoties pēc epidemioloģiskiem datiem.

Kancerogēnas ir vielas, kas, iekļūstot organismā caur ādu, elpošanas ceļiem vai muti (norijot), var izraisīt ļaundabīgus audzējus vai palielināt iespēju saslimt ar ļaundabīgiem audzējiem (piem., silīcija dioksīds, litija hidrīds).

Mutagēnas ir vielas, kas var izraisīt izmaiņas šūnu ģenētiskajā materiālā.

Vēl nevar apgalvot, ka aktivitāte, kas parādās šūnās, baktērijās, raugos vai citos sarežģītākos organismos, negatīvi ietekmē cilvēku. Taču ir zināms, ka mutagēnas vielas ir bīstamas, tāpēc ir jāveic pasākumi to darbības ierobežošanai un jāpaplašina pētījumi, kas noskaidrotu šo vielu bīstamības pakāpi.

Reproduktīvajai sistēmai toksiskas ir vielas, kas var nodarīt kaitējumu augļa attīstībai, tam atrodoties mātes organismā. Cilvēku reproduktīvās veselības traucējumi ir nopietna mūsdienu problēma. Reproductīvos procesus ļoti nopietni ietekmē dažādi darba un vides faktori. Viens no faktoriem ir ķīmiskās vielas, piemēram, daži pesticīdi, arsēns, svins, metildzīvsudrabs, ksilols.

Atkarībā no tā, cik precīzi ir iespējams noteikt produkta kaitīgo iedarbību, tās ir iedalītas trīs kategorijās:

- 1. kategorijā ietilpst vielas un produkti, par kuriem ir daudz pierādījumu, kas liecina par kaitīgām sekām, tām iedarbojoties uz cilvēka organismu;
- 2. kategorijā iekļautas vielas un produkti, kas pētīti ar dzīvniekiem un var pieļaut, ka to iedarbība apdraud cilvēka veselību;
- 3. kategorijā iekļautas vielas un produkti, kuru iedarbība uz cilvēka veselību izraisa bažas, bet pētījumi nav pietiekami.

1. un 2. kategorijas kancerogēnās vielas marķē ar bīstamības skaidrojumu “Kancerogēna ķīmiskā viela” vai “Ieelpojot var izraisīt ļaundabīgus audzējus”. 3. kategorijas kancerogēnās vielas marķē ar bīstamības skaidrojumu “Kancerogenitāte ir daļēji pierādīta”.

1. un 2. kategorijas mutagēnās vielas marķē ar bīstamības skaidrojumu “Var radīt pārmantojamus ģenētiskus defektus”. 3. kategorijas mutagēnās vielas marķē ar bīstamības skaidrojumu “Iespējams neatgriezeniskas iedarbības risks”.

1. un 2. kategorijas reproduktīvajai sistēmai toksiskās vielas marķē ar bīstamības skaidrojumu “Var kaitēt reproduktīvajām spējām” vai “Var kaitēt augļa attīstībai”.

3. kategorijas reproduktīvajai sistēmai toksiskās vielas marķē ar bīstamības skaidrojumu “Iespējams kaitējuma risks reproduktīvajām spējām” vai “Iespējams kaitējuma risks augļa attīstībai”.

### 1.3.3. Oksidētāji

Oksidētāji ir vielas, kas, reaģējot ar citām vielām, atrauj no tām elektronus un pašas reducējas. Visiem oksidētājiem ir augsta reaģētspēja, un tie reaģē ar daudzām ķīmiskām vielām.

Atbilstoši izmantošanai oksidētājus iedala:

- neitrālie (ozons, svina oksīds, nitrotoluols);
- sārmainie (kālija permanganāts, skābeklis);
- skābie (hromskābe, slāpekļskābe, koncentrēta sērskābe).

Daži savienojumi atkarībā no vielām, ar kurām tie reaģē, var būt gan oksidētāji, gan reducētāji. Oksidētāja reakcijas spēju nosaka tā oksidēšanās-reducēšanās potenciāls. Stipriem reducētājiem ir negatīvs potenciāls, stipriem oksidētājiem – pozitīvs potenciāls. Katrs savienojums var oksidēt visus citus savienojumus, kuri 4. tabulā atrodas virs tā, un reducēt tos, kuri tabulā atrodas zem tā.

Oksidētāja aktivitāte atkarīga no daudziem faktoriem: oksidējamās vielas daba, temperatūra, katalizators, reaģentu koncentrācija, udeņraža jonu koncentrācija reakcijas vidē. Oksidētāji var būt:

- gāzveida (skābeklis  $O_2$ , ozons  $O_3$ , fluors  $F_2$ );
- šķidri (sērskābe, slāpekļskābe, hromskābe, kālija hipohlorīts  $KClO_3$ );
- cieti (kālija permanganāts  $KMnO_4$ , hromāti  $K_2Cr_2O_7$ , hlorīti  $KClO_4$ ).

Daži oksidētāji ir bez smakas (skābeklis  $O_2$ , udeņraža peroksīds  $H_2O_2$ ), daži ir ar smaku (ozons  $O_3$ , hlors  $Cl_2$ , ftors  $F_2$ ). Vairums oksidētāju šķīst ūdenī.



**Oksidēšana** ir daudzu rūpniecisko procesu pamatā un tiek izmantota, lai katalītisku, ķīmisku un elektroķīmisku reakciju rezultātā iegūtu dažādas vielas vai produktus. Oksidēšanu izmanto, lai iegūtu sērskābi no sēra un sulfīdiem; slāpekļskābi no amonjaka; benzoskābi, maleīnskābi, ftālskābi un antrahinonu no aromātiskajiem ogļūdeņražiem; cikloheksanonu, cikloheksanolu un fenolu no toluola.

Elektrolītisko oksidēšanu izmanto, ražojot neorganiskās vielas, pārskābju sāļus un ūdeņraža peroksīdu. Oksidēšana ir pamatā daudzu medikamentu ražošanā, iegūstot oksīdu pārklājumus uz metāla virsmas, fotogrāfijas procesiem un ķīmiskajai analīzei. Tādi oksidētāji kā slāpekļskābe, šķidrās skābeklis, šķidrā skābeklī izšķīdināts ozons, šķidrās fluors un daži tā savienojumi, koncentrēts ūdeņraža peroksīds tiek izmantoti kā šķidrās raķešu degvielas sastāvdaļas.

Oksidēšanās ir tādu bioloģisko procesu pamatā kā elpošana, fotosintēze un nervu sistēmas darbība.

Dabā visu laiku notiek atmirušo organismu atlieku lēna oksidēšanās (trūdēšana). Taču pastāv arī oksidēšanās procesi, kas ne tikai nekalpo cilvēkam, bet gan nodara postu. Viens no tādiem procesiem ir metālu korozija.

Ražojot vai rūpnieciski izmantojot oksidētājus, bieži vien darba vides gaisā nonāk reakcijas starpprodukti, kas strādājošajiem rada lielākas potenciālas briesmas nekā paši oksidētāji. Oksidēšanās reakciju īpatnība ir tā, ka lielākoties tās ir eksotermis-

4. tabula

**Ķīmiskās vielas augoša potenciāla rindā**

Vielas	Potenciāls, eV
1. Alvas dihlorīds kālija hidroksīda šķīdumā ( $\text{SnCl}_2$ un $\text{KOH}$ )	-0,861
2. Nātrija sulfīds ( $\text{Na}_2\text{S}$ )	-0,651
3. Jods kālija jodīda šķīdumā ( $\text{J}_2$ + $\text{KJ}$ )	-0,328
4. Ūdeņradis sālsskābē ( $\text{H}_2$ + $\text{HCl}$ )	-0,311
5. Jods kālija hidroksīda šķīdumā ( $\text{J}_2$ + $\text{KJ}_2$ )	-0,070
6. Vara hlorīds ( $\text{CuCl}_2$ )	0,000
7. Dzelzs(II) sulfāts (neitrāls) ( $\text{FeSO}_4$ )	+0,073
8. Koncentrēta sērskābe	+0,158
9. Kālija bihromāts ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ )	+0,502
10. Hlors kālija hidroksīda šķīdumā ( $\text{Cl}_2$ + $\text{KOH}$ )	+0,626
11. Dzelzs(III) hlorīds ( $\text{Fe}_3\text{Cl}$ )	+0,673
12. Slāpekļskābe ( $\text{HNO}_3$ )	+0,697
13. Hlorskābe ( $\text{HClO}_4$ )	+0,707
14. Hlorpaskābe ( $\text{HClO}_3$ )	+0,856
15. Kālija perhlorāts ( $\text{KClO}_4$ )	+0,929
16. Mangāna dioksīds kālija hlorīda šķīdumā ( $\text{MnO}_2$ + $\text{KCl}$ )	+1,068
17. Kālija permanganāts ( $\text{KMnO}_4$ )	+1,203

kas, t. i., reakcijas gaitā izdalās siltums. Izdalītais siltums izraisa reakcijas masas pārkaršanu, kas savukārt var mainīt procesa gaitu – var rasties pat toksiskas vielas vai produkti. Ja process noris nepietiekami hermētiskā aparatūrā (reaktori, elektrolīzēri, kodināšanas vannas) darba vides gaisā var nonākt toksiskas vielas.

### 1.3.4. Eksotermiskas reakcijas

Eksotermiskās reakcijas notiek ar siltuma izdalīšanos. Šīm reakcijām nepieciešama ļoti stingra temperatūras kontrole, tāpēc ir jānodrošina dzēšana. Ir īpaši bīstamas vielas, jo var notikt strauja reakcija un izdalīties liels siltuma daudzums, kas tālāk var izraisīt reaģentu vai reakcijas produktu uzliesmošanu vai eksploziju. Piemēram, organiskie peroksīdi ir ļoti nestabili un agresīvi reaģē uz skābēm.

### 1.3.5. Reakcijas, kuru rezultātā veidojas toksiskas vielas

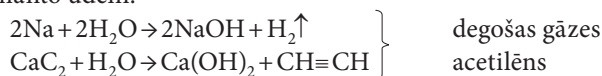
5. tabula

Bīstamo ķīmisko reakciju piemēri

Bīstamā ķīmiskā reakcija	Toksiskā viela, kas veidojas reakcijas rezultātā
Nitrāti + skābes Nitrāti + sērskābe Varš un smagie metāli + slāpekļskābe	Slāpekļa dioksīds Slāpekļa un sēra oksīdi $\text{Cu} + 4\text{HNO}_{3(\text{K})} \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
Hipohlorīdi + skābes	Hlors vai hlorpārskābe
Cianīdi + skābes	Ciānūdeņražskābe $\text{KCN} + \text{HCL} \rightarrow \text{KCL} + \text{HCN}$
Sērs + skābekli saturošas skābes	Sērskābe $\text{S} + 2\text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NO}$

### 1.3.6. Bīstamās reakcijas ar ūdeni

Ūdens pats par sevi ir nekaitīgs, bet, reaģējot ar tādām vielām kā sārmu un sārmzemju metāli (Na, K, Ca), metālu anhidrīdi ( $\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{MnO}_7$ ), nemetālu anhidrīdi (halogēnu oksīdi) var izraisīt ļoti bīstamas reakcijas, piemēram, ja ugunsgrēka dzēšanai izmanto ūdeni.



### 1.3.7. Jonizējošā radiācija

Mākslīgā radioaktivitāte ir saistīta ar mākslīgi radītām pārmaiņām atomu kodolos. Kodolu pārvērtības sauc par kodolreakcijām. Daudzās kodolreakcijās iegūst jaunus, nestabilus izotopus, kas parastajos apstākļos dabā nav satopami un ir alfa, beta un gamma radioaktīvi  ${}_{12}^{27}\text{Al} + \alpha \rightarrow {}_{15}^{30}\text{P} + \text{n}$ . Frederiks un Irēna Žolio-Kirī 1934. gadā ieguva nestabilo fosfora izotopu  ${}_{15}^{30}\text{P}$ , kas ir beta plus radioaktīvs, tam sabrūkot, rodas silīcijs  ${}_{15}^{30}\text{P} \rightarrow {}_{14}^{30}\text{Si} + \beta^+$ .

Dabīgais fosfors ir stabils.

Kodolreakcijās var iegūt vairāk nekā 1000 dažādu radioaktīvo izotopu. Dabā eksistē mazāk nekā 40 radioaktīvo izotopu. Daudzus no mākslīgajiem radioaktīvajiem izotopiem izmanto zinātnē, tehnikā, piemēram, iezīmētie atomi, ar kuriem nosaka vielu ķīmisko struktūru, pēta ķīmiskās un bioloģiskās pārvērtības nedzīvajā vai dzīvajā dabā.

Radioaktīvās vielas ir uzskatāmas par ļoti bīstamām. Radiācijas drošības nodrošināšana prasa vispusīgu darbību, lai nodrošinātos pret radioaktīvo vielu un citu jonizētā starojuma avotu iedarbību uz cilvēku un apkārtējo vidi. Pretradiācijas aizsardzības pamatā ir trīs principi:

- apstarojuma nepieciešamības pamatojums;
- apstarojuma optimizācija;
- apstarojuma ierobežošana.

Jebkura jonizētā starojuma iedarbība ir jānovērtē no viedokļa, vai starojums dos kādu labumu cilvēkam un sabiedrībai.

Optimizācija nozīmē, ka starojuma devai (dozai) jābūt iespējami viszemākai, ņemot vērā ekonomiskos un sociālos faktorus.

Apstarojuma ierobežošanai jāizstrādā tāda aizsardzības sistēma, lai atsevišķas personas, to nākamās paaudzes vai cilvēce kopumā nesaņemtu lielākas starojuma devas par tām, kas noteiktas starptautiskajās radiācijas drošības normās. Radiācijas drošības dienests obligāts visur, kur iespējama radiācijas iedarbība uz strādājošajiem.

## 1.4. Videi bīstamas vielas

Videi bīstamas vielas marķē ar bīstamības skaidrojumu "Videi bīstams". Videi bīstamas ir tās vielas vai produkti, kas izraisa vai var izraisīt tūlītēju vai vēlāku apdraudējumu vienam vai vairākiem vides komponentiem.

Apkārtējai videi bīstamo problēmu loks ir ļoti plašs. Ļoti svarīgi ir noteikt kaitējuma nodarīto postu kāda reģiona florai un faunai, sevišķi akumulējot (uzkrājot) bioloģisko un fizisko kaitējumu. Neliela bīstamība var pārvērsties lielā un pat sevišķi lielā, ja bīstamie faktori parādās lielos apjomos vai summējas.

Lai noteiktu vielas vai produkta bīstamības pakāpi apkārtējai videi, veic pilnīgu visu kritēriju novērtējumu.

Šie kritēriji ir vielas vai produkta:

- īpašības;
- izmantojamais daudzums;
- izplatīšanās pakāpe apkārtējā vidē;
- vielas vai produkta sadalīšanās rezultātā radušies materiāli un metaboliskie procesi, kuros tie var veidoties.

Viens no efektīvākajiem pasākumiem apkārtējās vides piesārņojuma novēršanai (bez attīrīšanas un recirkulācijas) ir par vielas vai produkta drošu izmantošanu atbildīgo darbinieku apmācīšana un informēšana. Jāņem vērā vielas vai produkta

ietekme uz dažādām ekosistēmām, galvenokārt tādām kā ūdens, gaiss, zeme, ozona slānis. Tiek ņemtas vērā arī ietekmes negatīvās sekas uz faunu, floru, mikroorganismiem, ieskaitot kaitējumu, kas atklājas ilgi pēc iedarbības.

## 1.5. Bīstamo vielu marķēšana

Marķēšana nepieciešama:

- ja viela/maisījums ir klasificēts;
- ja maisījums satur vienu vai vairākas vielas, kas klasificētas kā bīstamas, pāršņedzot noteiktu robežkoncentrāciju (AER).

Marķēšanu veic saskaņā ar Regulu EK Nr. 1272/2008 par vielu un maisījumu klasificēšanu un iepakojšanu. Regulas mērķis: klasificēt, marķēt un iepakot (CLP) ķīmiskās vielas un maisījumus saskaņā ar Apvienoto Nāciju Organizācijas vispārēji saskaņoto sistēmu (GHS). Tā uzņēmumiem paredz pienākumu atbildīgi klasificēt ķīmiskās vielas pirms to laišanas tirgū.

Bīstamo vielu konteineru vai sistēmu marķēšana vai etiķēšana ar brīdinošiem simboliem vai uzrakstiem ir svarīgs aizsardzības faktors (EK Nr. 1272/2008 "Ķīmisko vielu un maisījumu klasificēšana, marķēšana un iepakojšana"). Bīstamo vielu ražotāji parasti ir labi instruēti par to īpašībām un ievēro nepieciešamos piesardzības pasākumus, šīs vielas saņojot un iekraujot promvešanai. Taču transportēšanas laikā no ražotāja līdz patērētājam bīstamā viela nonāk saskarē ar transportstrādniekiem, un, ja konteineri nav marķēti ar identifikācijas un brīdinājumu zīmēm, strādniekiem nekas nav zināms par bīstamo vielu dabu un iespējamām draudošām briesmām. Arī lietotāji var neko nezināt par šo vielu dabu un nepieciešamajiem piesardzības pasākumiem. Tas sevišķi raksturīgs maziem uzņēmumiem vai lauksaimniecības darbiniekiem, kuriem grūti pieejamas darba aizsardzības speciālistu konsultācijas. Brīdinājums par briesmām ir nepieciešams, lai nodrošinātu strādājošā veselībai nekaitīgus apstākļus, taču tas negarantē pilnīgu aizsardzību. Jāievēro arī visi pasākumi, kas novērš iespējamu risku.

Etiķēšanas sistēmas pamatā ir bīstamo vielu klasifikācija. Šīs sistēmas mērķis ir nodrošināt strādājošos un visus citus iedzīvotājus ar precīzu informāciju par bīstamajām vielām.

Par ķīmisko vielu/maisījumu klasifikāciju un atbilstošu marķēšanu ir atbildīgs šo vielu ražotājs, importētājs un/vai piegādātājs.

### 1.5.1. Ķīmisko vielu bīstamības simboli un apzīmējumi

Patlaban bīstamības marķēšanai un klasificēšanai izmanto trīs sistēmas:

- ADR;
- GHS simboli;
- Ķīmisko vielu bīstamības simboli (sk. turpmāk).



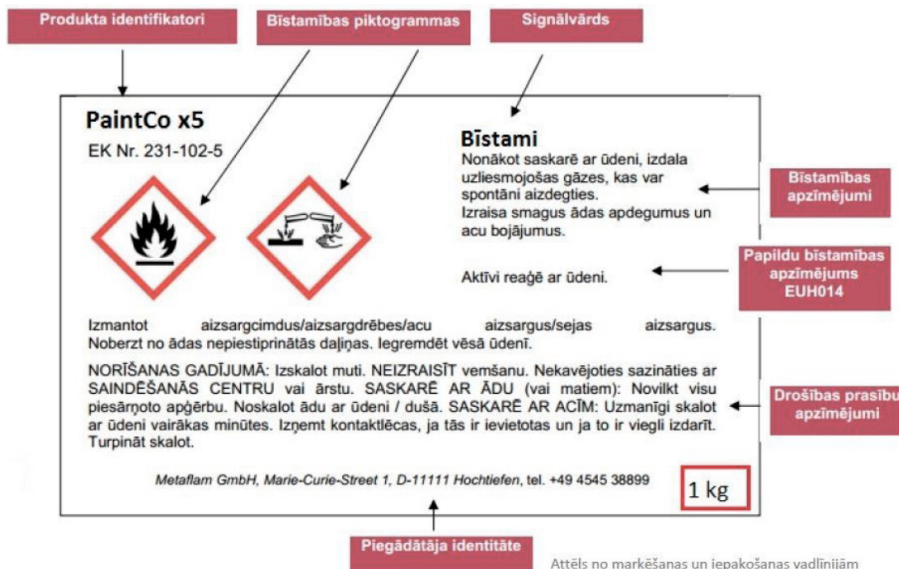
### 1.5.2. Ķīmiskās vielas etiķete

Bīstamās ķīmiskās vielas vai maisījuma etiķetei ir jāsaturs šāda informācija valsts valodā:

- ķīmiskās vielas / maisījuma nosaukums/identifikācijas numurs (CLP 18. pants);
- ķīmiskā maisījuma sastāvā esošo bīstamo vielu nosaukums;
- Latvijā reģistrēta ražotāja, importētāja vai piegādātāja nosaukums, adrese un tālruna numurs;
- bīstamības simbols un bīstamības paskaidrojums (piktogramma);
- ķīmisko vielu bīstamības līmenis, ko atzīmē ar signalvārdiem “Bīdīnājums” vai “Bīstami” (saskaņā ar CLP 20. pantu);
- bīstamības(H) apzīmējums (CLP 21. pants): “Uguns/sprādzienbīstamība”;
- etiķetē obligāti jābūt (CLP 25. pants, I pielikums) papildu bīstamības apzīmējumiem (EUH) saistībā ar īpašām fizikālām īpašībām vai apdraudējumu veselībai. Piemēram, EUH202, teksts: Cīānakri-lāts. Bīstams, iedarbība uz acīm un ādu tūlītēja. Sargāt no bērniem. EUH205, teksts: Satur epoksīda sastāvdaļas. Var izraisīt alerģisku reakciju;
- drošības prasības (P) apzīmējumi, piemēram: “Sargāt no mitruma”, “Uzglabāt slēgtā tvertnē”, “Pirms lietošanas saņemt speciālu instrukciju”.

Etiķetei jābūt oficiālā tās dalībvalsts valodā, kurā viela/maisījums nonāks tirgū, var būt arī vairākās valodās.

Jānodrošina, lai etiķete būtu ilgstoši salasāma, neatlīmētos un nenokristu no iepakojuma. Latvijas tirgū tai jābūt latviešu valodā. Ķīmiskās vielas etiķetes piemērs ir redzams turpmāk.



Etīķetei ir jābūt stingri piestiprinātai, horizontāli izlasāmai, arī marķējuma elementiem jābūt viegli salasāmiem. Etīķete nav vajadzīga, ja marķējuma elementi jau ir skaidri norādīti uz iepakojuma.

*Piegādātāja kontaktinformācija* norāda vienu vai vairāku piegādātāju kontaktinformāciju jeb identifikāciju (nosaukums, adrese un telefona numurs). Ja piegādātājs maina iepakojumu un tā rezultātā mainās arī produkta marķējuma elementi, jāpievieno savs vārds un kontaktinformācija vai jāaizstāj sava piegādātāja kontaktinformācija ar savējo.

*Produkta identifikatori* etīķetē jābūt tādiem pašiem kā DDL, maisījumiem jā sastāv no tirdzniecības nosaukuma vai apzīmējuma. Jābūt minētām maisījumā esošām vielām, kuru dēļ maisījums atbilst: akūtas toksitātes, kodīgs ādai, nopietni acu bojājumu, toksiskas ietekmes uz mērķorgānu (STOT), sensibilizācijas, ieelpojot vai nonākot saskarē ar ādu, bīstams ieelpojot, cilmes šūnu mutācijas, kancerogenitātes, toksisks reproduktīvai veselībai klasifikācijai. Turklāt, ja nav nepieciešams bīstamības un nopietnības atspoguļošanai, tad tiek norādīti ne vairāk kā 4 ķīmiskie nosaukumi.

Norāda attiecīgo *signālvārdu* saskaņā ar bīstamības klasifikāciju. LVĢMC iesaka izmantot:

- Bīstami, briesmas, draudi → Bīstami (angļu val. *Danger*);
- Uzmanību, brīdinājums → Uzmanību (angļu val. *Warning*).

Ja uz etīķetes lietots signālvārds “Bīstami”, tad signālvārdu “Uzmanību” nenorāda.

*Bīstamības apzīmējums* norāda bīstamības klasi un kategoriju, kas raksturo bīstamu vielu vai maisījuma bīstamības veidu, ja nepieciešams, iekļaujot bīstamības pakāpi. Jāizvairās no liekvārdības.

Bīstamība	Kods	Piemērs	Teksts
Fizikālā	H200-299	H241	Sakaršana var izraisīt degšanu vai eksploziju
Veselības	H300-399	H311	Toksisks, ja nonāk saskarē ar ādu
Vides	H400-499	H412	Kaitīgs ūdens organismiem ar ilglaicīgām sekām

*Drošības prasību apzīmējums* apraksta ieteiktos pasākumus, lai samazinātu vai novērstu negatīvu ietekmi, kas rodas, lietojot vai likvidējot bīstamas vielas vai maisījumus. Ieteicami ne vairāk kā 6 “P” apzīmējumi.

Kods	Mērķis	Piemērs	Teksts
100	Vispārējs	P102	Sargāt no bērniem
200	Novēršana	P201	Pirms lietošanas saņemt speciālu instruktāžu
300	Reakcija	P380	Evakuēt zonu
400	Uzglabāšana	P404	Uzglabāt slēgtā tvertnē
500	Iznīcināšana	P501	Atbrīvojies no satura/ tvertnes...

#### *Papildu informācija uz etiķetes*

Obligāti jānorāda papildu bīstamības apzīmējumi (EUH) saistībā ar īpašām fizikālām vai veselībai bīstamām īpašībām.

EUH apzīmējums	Teksts
EUH202	Ciānakrilāts. Bīstami. Iedarbība uz acīm un ādu tūlītēja. Sargāt no bērniem
EUH205	Satur epoksīda sastāvdaļas. Var izraisīt alerģisku reakciju

Nav obligāti, bet ir vēlams norādīt specifisko informāciju vai lietošanas instrukciju.

Uz iepakojuma nedrīkst būt šādi apzīmējumi: “netoksisks”, “nekaitīgs” vai “ekoloģisks”, kas neatbilst vielas/maisījuma klasifikācijai. Nav ieteicams papildu informāciju novietot līdzās citiem etiķetes elementiem.

### 1.5.3. Ķīmiskās vielas drošības datu lapa

Ķīmisko vielu drošības datu lapa satur informāciju par ķīmisko vielu fizikālajām un ķīmiskajām īpašībām no riska, bīstamības un drošības viedokļa un ir norādīti pasākumi, kas veicami, lai nodrošinātu vides un cilvēka dzīvības un veselības aizsardzību. Kārtību, kādā aizpildāma drošības datu lapa, nosaka 2017. gada 22. novembrī pieņemtais Ķīmisko vielu likums.

Ķīmiskās vielas vai maisījuma drošības datu lapu izstrādā atbilstoši regulas 1272/2008/2006 31. panta un II pielikuma prasībām.

Ķīmisko vielu un produktu ražotājam, importētājam vai piegādātājam, nosūtot saņēmējam, ir obligāti jāpievieno drošības datu lapa. Ķīmiskās vielas vai produkta drošības lapai jāsaturs informācija, kas sadalīta 16 punktos:

- ķīmiskās vielas vai produkta nosaukums, ziņas par ražotāju, importētāju vai piegādātāju (nosaukums, adrese un ziņas par atbildīgo personu izplatītāju). Vielas un par tās tirdzniecību atbildīgās institūcijas nosaukums;
- produkta sastāvs un ziņas par tā sastāvdaļām;
- bīstamības raksturojums;
- pirmās palīdzības pasākumu raksturojums;
- uguns- un sprādziendrošības pasākumu apraksts;
- avārijas gadījumā veicamo pasākumu apraksts;
- uzglabāšanas un lietošanas noteikumi;
- darba drošības noteikumi;
- ziņas par fizikālajām un ķīmiskajām īpašībām;
- ziņas par stabilitāti un reaģētspēju;
- toksikoloģiskā informācija;
- ekoloģiskā informācija;
- ziņas par iespējamiem utilizācijas veidiem;
- informācija par transportēšanu;
- informācija par normatīvajiem aktiem, kas reglamentē darbības ar attiecīgo ķīmisko vielu vai produktu;
- cita no drošības, vides, cilvēku dzīvības un veselības aizsardzības viedokļa nozīmīga informācija, padomi, ieteicamie izmantošanas veidi un ierobežojumi, drukātās atsauces, svarīgāko datu avoti un izdošanas datums.

Saņemot jaunu ķīmisko vielu/maisījumu, darba devējam par drošības datu lapas saturu jāinstruē darbinieki darba aizsardzības instruktažas veidā, par ķīmisko vielu bīstamību un drošām darba metodēm. Jāveic nepieciešamā apmācība, rakstveidā jānoformē instrukcijas, lai darbinieki būtu iepazīstināti ar riska faktoriem un drošiem darba paņēmieniem.

Ķīmisko vielu un maisījumu iedarbībai esam pakļauti ik uz soļa gan mājās, gan darbā. Katra cilvēka rīts sākas ar personīgo higiēnas līdzekļu izmantošanu vannas istabā un turpinās ar sadzīves ķīmijas lietošanu mājas virtuvē. Arī nokļūstot darbā, neatkarīgi no nozares, kurā katrs strādā, esam pakļauti dažādu tehnoloģiskajos procesos izmantotu vai radušos ķīmisko vielu vai maisījumu iedarbībai. Cilvēki jau ir saraduši ar ķīmiskajām vielām un maisījumiem ikdienā un parasti pat neiedomājas par to potenciālo bīstamību, tomēr jāatceras, ka jebkura ķīmiskā viela (vai ķīmisko vielu maisījums), lietojot to nepareizi vai bīstamos daudzumos, potenciāli apdraud veselību. Diemžēl joprojām nav pieejama pilnīga informācija par visām dažādos darba procesos izmantotajām vielām, tāpat cilvēku veselību turpina ietekmēt arī jau labi izpētītās un zināmās vielas.

Katru gadu gandrīz puse no visām Eiropas Savienības (ES) valstīs reģistrētajām arodslimībām ir saistītas tieši ar ķīmisko vielu iedarbību. Ķīmisko vielu iedarbības dēļ tūkstošiem cilvēku ik gadu cieš no alerģiskām, ādas vai elpošanas ceļu slimībām



un saslīgst ar vēzi. Nodarbinātajiem, kuri ražošanas procesā saskaras ar ķīmiskām vielām un maisījumiem, ir jābūt apmācītiem, kā tos droši izmantot (arī utilizēt). Katrs nodarbinātais saskaņā ar darba devēja noteiktajiem darbavietas iekšējiem noteikumiem un instrukcijām jebkurā situācijā ir atbildīgs par drošas darbības izvēli. Arī valsts līmenī ir noteiktas stingras prasības, lai nodrošinātu ķīmisko vielu un maisījumu drošu un veselībai nekaitīgu lietošanu.

Eiropas Parlamenta un Padomes regula (EK) Nr. 1272 (2008. gada 16. decembris), kas attiecas uz ķīmikāliju reģistrēšanu, vērtēšanu, licencēšanu un ierobežošanu (REACH), un atbilstoši kurai izveidota Eiropas Ķīmikāliju aģentūra, ir pamata dokuments, kas jāņem vērā visiem uzņēmumiem. REACH regula prasa, lai vielu un maisījumu ražotāji un importētāji sniegtu informāciju par to cilvēkiem un videi drošu lietošanu. Viens no galvenajiem veidiem informācijas nodošanas ķēdē par ķīmisko vielu un maisījumu bīstamību ir drošības datu lapas (DDL).

Drošības datu lapas piemērs ir redzams turpmāk (avots: [shorturl.at/noHKP](http://shorturl.at/noHKP)).

Drošības datu lapa kalpo par informācijas avotu visiem darbiniekiem. Katra nodarbinātā atbildība ir izprast pastāvošos drošības un veselības apdraudējumus, kas saistīti ar iespējamo bīstamo ķīmisko vielu un maisījumu, kā arī dažādu iekārtu izmantošanu darba procesā. Jāatceras, ka šīs drošības un veselības aizsardzības prasības ir jāievēro visu laiku.

## Darba aizsardzības prasību neievērošanas sekas

Dažādu darba vides riska faktoru iedarbības dēļ var tikt apdraudēta nodarbināto drošība un veselība, darba aizsardzības prasību neievērošana var radīt ekonomiskus zaudējumus (piemēram, slimības dēļ zaudētas darba dienas, sabojātas iekārtas). Arī darbs ar ķīmiskajām vielām nav izņēmums – tās var apdraudēt drošību un veselību.

Darbā ar ķīmiskajām vielām, nodarbināto veselība visbiežāk var tikt bojāta:

- nelaimes gadījumu dēļ gūstot dažādus veselības traucējumus (traumas), piemēram, gūstot acu traumu, acī iekļūstot kodīga šķīduma šļakatai, vai ādas apdegumu, ja kodīgais šķīdums nokļūst uz kādas ķermeņa daļas;
- dažādu darba vides riska faktoru iedarbības dēļ gūstot akūtus vai hroniskus veselības traucējumus (arī arodslimības), piemēram, ilgstoši darbojoties ar līmēm, kas satur izocianātus, var attīstīties alerģija vai smagākos gadījumos bronhiālā astma.

SPODRA SIA  
www.spodra.com

## DROŠĪBAS DATU LAPA

Saskaņā ar Regulas (EK) Nr. 1907/2006 (REACH) II pielikumu un Regulu (ES) 2015/830

Versija Nr. 1.0 Aizstāj versiju Nr. --

Sastādīšanas datums: 16.05.2019.

### ECOSEPT 1 % – dezinfekcijas un mazgāšanas līdzeklis

#### 1. IEDAĻA: Vielas / maisījuma un uzņēmēj sabiedrības / uzņēmuma identificēšana

##### 1.1. Produkta identifikators:

**ECOSEPT 1 % – dezinfekcijas un mazgāšanas līdzeklis**

##### 1.2. Vielas vai maisījuma attiecīgi apzinātie lietojuma veidi un tādi, ko neiesaka izmantot:

Apzinātie lietojuma veidi: Universāls dezinfekcijas un mazgāšanas līdzeklis visu veidu virsmām un materiāliem, koncentrāts. Neprofesionālai un profesionālai lietošanai.

(1. Pamatgrupa. Dezinfekcijas līdzekļi; 2. produkta veids. Dezinfekcijas līdzekļi un algicīdi, kas nav paredzēti tiešai piemērošanai cilvēkiem un dzīvniekiem)

Tādi, ko neiesaka izmantot: Lietošana par biocīdu veidos, kas nav atļauti.

##### 1.3. Informācija par drošības datu lapas piegādātāju:

Ražotājs: SIA „SPODRA”  
LV40003941352  
Ražotāja adrese: Lubānas iela 17-1, Rīga, LV-1019, Latvija  
Tālr./fakss: +371 67142064, mob. tālr.: +371 29624524  
Tīmekļa vietne: www.spodra.com  
E-pasts: rikra@sveiks.lv

##### 1.4. Tālruna numurs, kur zvanīt ārkārtas situācijās:

Ātrā palīdzība: 113  
Valsts ugunsdzēsības un glābšanas dienests: 112  
Saindēšanās un zāļu informācijas centrs: (+371) 67042473 (visu diennakti)

#### 2. IEDAĻA: Bīstamības apzināšana

##### 2.1. Vielas vai maisījuma klasificēšana:

Saskaņā ar Regulu (EK) Nr. 1272/2008:  
Maisījuma klasifikācija: Aquatic Chronic 3; H412.  
Fizikālā un ķīmiskā bīstamība: Maisījums neatbilst klasificēšanas kritērijiem.  
Ietekme uz veselību: Maisījums neatbilst klasificēšanas kritērijiem.  
Ietekme uz vidi: Kaitīgs ūdens organismiem ar ilglaicīgām sekām.

##### 2.2. Etiķetes elementi:

Saskaņā ar Regulu (EK) Nr. 1272/2008:  
GHS piktogrammas: Nav nepieciešamas.  
Signālvārds: Nav nepieciešams.  
Bīstamības apzīmējumi: H412 Kaitīgs ūdens organismiem ar ilglaicīgām sekām  
Papildus bīstamības apzīmējumi: Nav.  
Drošības prasību apzīmējumi:  
Vispārējie: P102 Sargāt no bērniem  
Profilakse: P273 Izvairīties no izplatīšanas apkārtējā vidē  
Reakcija: Nav.  
Glābšana: Nav.  
Iznīcināšana: P501 Atbrīvojoties no satura un tvertnes saskaņā ar vietējiem noteikumiem  
Sastāvā esošu vielu identitāte: Nav piemērojams.  
Papildus marķējums: Aktīvā viela:  
Četraizvietotā amonija savienojumi, benzil-C12-16-alkildimetil-, hlorīdi (CAS Nr.: 68424-85-1): 1 g / 100 g (1 masas %)  
Biocīda inventarizācijas Nr.: LV28022011/1568  
Sastāvdaļas: dezinfekcijas līdzeklis. \*

\* Skatīt arī 16. iedaļu.

Bērniem nepieejamas aizdares: Nav nepieciešamas.

SPODRA SIA  
www.spodra.com

**DROŠĪBAS DATU LAPA**  
Saskaņā ar Regulas (EK) Nr. 1907/2006 (REACH) II pielikumu un Regulu (ES) 2015/830

Versija Nr. 1.0 Aizstāj versiju Nr. --

Sastādīšanas datums: 16.05.2019.

**ECOSEPT 1 % – dezinfekcijas un mazgāšanas līdzeklis**

Sataustāmas bīstamības Nav nepieciešamas.  
brīdinājuma zīmes:

**2.3. Citi apdraudējumi:**

PBT vai vPvB kritēriji: Maisījums un tā sastāvdaļas neatbilst PBT vai vPvB kritērijiem.  
Citi apdraudējumi, kuri neatspoguļojas klasificēšanā: Informāciju par ietekmi uz veselību un tās simptomiem, kā arī ietekmi uz vidi skatīt attiecīgi 11. un 12. iedaļā.

**3. IEDAĻA: Sastāvs / informācija par sastāvdaļām**

**3.2. Maisījumi:**

Ķīmiskais raksturojums: Neitrāls dezinfekcijas un mazgāšanas līdzeklis, ūdens šķīdums, koncentrāts.

Sastāvdaļu deklarācija saskaņā ar Regulu (EK) Nr. 1272/2008:

Vielas nosaukums	EK numurs	CAS numurs	Konc., %	Klasifikācija	
Etanols	200-578-6 REACH Reģ. Nr.: 01-2119457610-43-xxxx	64-17-5	5,5 - 6,5	Flam. Liq. 2	H225 [1]
				Eye Irrit. 2 (≥50%)	H319 [2]
Propān-2-ols	200-661-7 REACH Reģ. Nr.: 01-2119457558-25-xxxx	67-63-0	3,5 - 4,5	REACH Reģ. dati	
				Flam. Liq. 2	H225 [1]
Četraizvietotā amonija savienojumi, benzil-C12-16-alkildimetil-, hlorīdi	270-325-2 REACH Reģ. Nr.: Nav pieejams.	68424-85-1	1	Eye Irrit. 2	H319 [2]
				STOT SE 3	H336
				CLP00	
				Acute Tox. 4	H302 [1]
				Skin Corr. 1B	H314
				Aquatic Acute 1	H400 *
				Aquatic Chronic 1	H410 **

Pilnu bīstamības klašu un kategoriju, kā arī bīstamības apzīmējumu kodu atšifrējumu skatīt 16. iedaļā.

Aroda ekspozīcijas robežvērtības, ja pieejamas, skatīt 8. iedaļā.

M koeficients: \* akūti = 10; \*\* hroniski = 1 (papildu informācijas dati - skatīt 16. iedaļā).

[1] Vielas, kuras klasificētas kā bīstamas veselībai vai vidi.

[2] Vielas, kurām noteiktas aroda ekspozīcijas robežvērtības.

**4. IEDAĻA: Pirmās palīdzības pasākumi**

**4.1. Pirmās palīdzības pasākumu apraksts:**

Ieelpojot: Pārvietoties svaigā gaisā.  
Paliekošu simptomu gadījumā konsultēties ar ārstu.

Nokļūstot uz ādas: Novilkt piesārņoto apģērbu.  
Rūpīgi nomazgāt ādu ar lielu ūdens daudzumu.  
Ja rodas kairinājums, kas nepāriet, meklēt medicīnisku palīdzību.

Nokļūstot acīs: Nekavējoties skalot acis ar lielu daudzumu tīra ūdens vismaz 15 minūtes ilgi, turot plakstiņus atvērtus. Ja simptomi nepāriet, meklēt medicīnisku palīdzību.

Norijot: Neizraisīt vemšanu. Izskalot muti. Dot izdzert 1 - 2 glāzes ūdens.  
Ja ir sliktā pašsajūta, meklēt medicīnisku palīdzību.

**4.2. Svarīgākie simptomi un ietekme – akūta un aizkavēta:**

Ieelpojot: Var izraisīt vieglu elpošanas ceļu gļotādu kairinājumu un miegainību vai reibošus.

Nokļūstot uz ādas: Vispārējā gadījumā produkts ādu nekairina.

Nokļūstot acīs: Var izraisīt vieglu kairinājumu, apsārtumu un asarošanu.

Norijot: Var izraisīt vieglu mutes un kakla gļotādu kairinājumu.

**4.3. Norāde par nepieciešamo neatliekamo medicīnisko palīdzību un īpašu aprūpi:**

Informācija ārstam: Produkta iedarbība ir jāvērtē kā neitrāla.  
Rīkotes atbilstoši cietušā stāvoklim un simptomiem.

**5. IEDAĻA: Ugunsdzēsības pasākumi**

**5.1. Ugunsdzēsības līdzekļi:**

Piemērotie ugunsdzēsības līdzekļi: Produkts ir nedegošs.  
Izmantot apkārtējiem materiāliem un apstākļiem piemērotus līdzekļus, piemēram, CO<sub>2</sub>, dzēšamo pulveri, putas, izsmidzinātu ūdeni.

SPODRA SIA  
www.spodra.com

**DROŠĪBAS DATU LAPA**

Saskaņā ar Regulas (EK) Nr. 1907/2006 (REACH) II pielikumu un Regulu (ES) 2015/830

Versija Nr. 1.0 Aizstāj versiju Nr. --

Sastādīšanas datums: 16.05.2019.

**ECOSEPT 1 % – dezinfekcijas un mazgāšanas līdzeklis**

Nepiemērotie ugunsdzēsšanas līdzekļi:	Nav identificēti.
<b>5.2. Īpaša viela vai maisījuma izraisīta bīstamība:</b>	
Maisījuma izraisīta bīstamība:	Produkts ir nedegošs.
Bīstami sadegšanas produkti:	Karstuma ietekmē, ceļoties iekšējam spiedienam, produkta iepakojumi var plīst. Ugunsgrēka apstākļos, pēc maisījumā esošā alkohola un ūdens iztvaikošanas, var izdalīties kairinoši vai kodīgi izgarojumi.
<b>5.3. Ieteikumi ugunsdzēsējiem:</b>	
Īpašas ugunsdzēsšanas metodes:	Nav identificētas.
Aizsardzības līdzekļi ugunsdzēsējiem:	Valkāt pilnu aizsargapģērba komplektu un autonomos elpošanas aparātus. Neieelpot ugunsgrēkā radušos dūmus.
Pārējā informācija:	
	Uguns apdraudētos produkta iepakojumus dzesēt ar izsmidzinātu ūdeni. Dzešanā izmantotajam, piesārņotajam ūdenim neļaut nonākt kanalizācijā, ūdeņos vai augsnē.

**6. IEDAĻA: Pasākumi nejaušas noplūdes gadījumos****6.1. Individuālās drošības pasākumi, aizsardzības līdzekļi un procedūras ārkārtas situācijām:**

Personām, kuras nav apmācītas ārkārtas situācijām: Nepiederošām personām atstāt noplūdes vietu. Neveikt nekādas darbības, kas var radīt jebkādu personīgu risku vai bez atbilstošas apmācības.

Ārkārtas palīdzības sniedzējiem: Vēdināt noplūdes vietu. Nepieļaut nokļūšanu uz ādas un acīs. Valkāt individuālās aizsardzības līdzekļus. Skatīt 8. iedaļu.

**6.2. Vides drošības pasākumi:**

Nepieļaut produkta izplatīšanos, nonākšanu kanalizācijas sistēmā un ūdenstilpnēs. Ja lielāki daudzumi nonākuši kanalizācijā vai ūdeņos, informēt atbildīgās institūcijas.

**6.3. Ierobežošanas un savākšanas paņēmieni un materiāli:**

Izslāktījumus vai mazus daudzumus uzsūkt ar absorbējošu materiālu, piemēram, papīra salveti vai dvielī. Lielākus daudzumus savākt kopā ar inerti absorbējošu materiālu (smiltīm, diatomītu, universālo absorbentu) un izvietot ķīmisko atkritumu tvertnē tālākai likvidēšanai. Piesārņotās virsmas noskalot ar **lielu** ūdens daudzumu.

**6.4. Atsauce uz citām iedaļām:**

*Piezīme:* kontaktinformāciju ārkārtas situācijām skatīt 1. iedaļā, informāciju par individuālās aizsardzības līdzekļiem un atkritumu utilizāciju – attiecīgi 8. un 13. iedaļā.

Pārējā informācija:

Izplūdušo produktu nekad neievietot atpakaļ oriģinālajā tvertnē.

**7. IEDAĻA: Lietošana un glabāšana****7.1. Piesardzība drošai lietošanai:**

Ievērot vispārējos drošības pasākumus rīcībai ar ķīmikālijām. Nepieļaut noplūdes, nokļūšanu acīs, uz ādas, gļotādām un apģērba. Izvairīties no tvaiku ieelpošanas. Valkāt individuālās aizsardzības līdzekļus saskaņā ar 8. iedaļu. Tūlīt pēc lietošanas nomazgāt rokas. Ugunsdrošība un sprādzienbīstamība: Ievērot vispārējos ugunsdrošības noteikumus.

**7.2. Drošas glabāšanas apstākļi, tostarp visu veidu nesaderība:**

Uzglabāt tikai oriģinālajā iepakojumā, labi vēdināmā vietā, ieteicams, temperatūrā no 5 °C līdz 30 °C. Sargāt no karstuma un tiešas saules staru iedarbības. Uzglabāt bērniem nepieejamā vietā! Neuzglabāt kopā ar pārtiku vai dzīvnieku barību.

**7.3. Konkrēts(-i) gala lietošanas veids(-i):**

Izmantot kā universālu dezinfekcijas un mazgāšanas līdzekli visu veidu virsmām un materiāliem, koncentrātu.

**8. IEDAĻA: Iedarbības pārvaldība / individuālā aizsardzība****8.1. Pārvaldības parametri:**



## DROŠĪBAS DATU LAPA

Saskaņā ar Regulas (EK) Nr. 1907/2006 (REACH) II pielikumu un Regulu (ES) 2015/830

Versija Nr. 1.0 Aizstāj versiju Nr. --

Sastādīšanas datums: 16.05.2019.

## ECOSEPT 1 % – dezinfekcijas un mazgāšanas līdzeklis

Piemērojamās arodekspozīcijas robežvērtības:	<b>Vielas</b> Etanols Propān-2-ols	<b>LR MK not. Nr. 325, mg/m<sup>3</sup></b> 1000 350 (8 h) / 600 (15 min)		
Bioloģiskās robežvērtības:	Netiek reglamentētas.			
Atvasinātie nenovērojamas ietekmes līmeņi (DNEL):	<b>Iedarbības subjekti</b>	<b>Iedarbības veids</b>	<b>Ietekme uz veselību</b>	<b>Vērtība</b>
	<i>Cetrizivietotā amonija savienojumi, benzil-C12-14 (pāra skaitļu)-alkildimetil-, hlorīdi, 939-350-2 *</i>			
	Strādnieki	Caur ādu	Ilgtermiņa iedarbība - sistēmiski efekti	5,7 mg/kg ķermeņa svara dienā
	Strādnieki	Ieelpojot	Ilgtermiņa iedarbība - sistēmiski efekti	3,96 mg/m <sup>3</sup>
	Iedzīvotāji	Caur ādu	Ilgtermiņa iedarbība - sistēmiski efekti	3,4 mg/kg ķermeņa svara dienā
	Iedzīvotāji	Ieelpojot	Ilgtermiņa iedarbība - sistēmiski efekti	1,64 mg/m <sup>3</sup>
	Iedzīvotāji	Orāli	Ilgtermiņa iedarbība - sistēmiski efekti	3,4 mg/kg ķermeņa svara dienā
Paredzētās koncentrācijas, kuras neizraisa novērojamas sekas (PNEC):	<b>Vides sektors</b>	<b>Vērtība</b>		
	<i>Cetrizivietotā amonija savienojumi, benzil-C12-14 (pāra skaitļu)-alkildimetil-, hlorīdi, 939-350-2 *</i>			
	Ūdens (saldūdens)	0,0009 mg/l		
	Ūdens (jūras ūdens)	0,00096 mg/l		
	Ūdens, atklāta okeāna (jūras ūdens)	0,0096 mg/l		
	Nogulsnes (saldūdens)	12,27 mg/kg		
	Nogulsnes (jūras ūdens)	13,09 mg/l		
	Notekūdeņu attīrīšanas iekārtas (STP)	0,4 mg/l		
	Ūdens (neregulāras emisijas)	0,00016 mg/l		
	Augsne	7 mg/kg		
	* Maisījuma aktīvās vielas (CAS Nr.: 68424-85-1) pamata daļa (līdz pat 80 - 90 %).			
<b>8.2. Iedarbības pārvaldība:</b>				
Atbilstoša tehniskā pārvaldība:	Īpaši nav paredzēta. Izmantot tikai labi vēdināmās telpās.			
Individuālās aizsardzības līdzekļi:				
Vispārēji norādījumi:	Individuālos aizsardzības līdzekļus lietot pēc vajadzības un atbilstoši veicamajam darbam.			
Elpošanas aizsardzība:	Paredzētos īslaicīgas lietošanas apstākļos labi vēdināmās vietās nav nepieciešama. Izvairīties no tvaiku ieelpošanas.			
Ādas aizsardzība:				
Roku aizsardzība:	Īslaicīgas lietošanas apstākļos parasti nav nepieciešama. Tomēr, strādājot ilgstoši vai profesionāli, ieteicams valkāt necaurlaidīgus aizsargcimdus, piemēram, nitrila vai butila gumijas, atbilstošus EN 374.			
Ķermeņa aizsardzība:	Valkāt darba apģērbu. Strādājot ilgstoši vai profesionāli, ieteicams valkāt necaurlaidīgu priekšautu.			
Acu /sejas aizsardzība:	Nepieļaut nokļūšanu acīs. Ieteicams izmantot cieši pieguļošas drošības brilles, atbilstošas EN 166.			
Higiēnas pasākumi:	Ievērot vispārējos piesardzības pasākumus darbam ar ķīmikālijām. Darba vietā nedrīkst ēst, dzert un smēķēt. Nekavējoties novilkt visu piesārņoto apģērbu. Pirms pārtraukumiem un pēc darba nomazgāt rokas.			
Vides riska pārvaldība:	Neievadīt produktu apkārtējā vidē citādi, nekā tas noteikts lietošanas instrukcijā.			

## 9. IEDAĻA: Fizikālās un ķīmiskās īpašības

## 9.1. Informācija par fizikālajām un ķīmiskajām pamatīpašībām:

Izskats:	
Agregātstāvoklis:	Šķidrums
Krāsa:	Zila
Smarža:	Raksturīga, viegla, alkoholu
Smaržas sliekšnis:	Nav pieejamu datu.
pH:	6,2 (20 °C)

SPODRA SIA  
www.spodra.com

## DROŠĪBAS DATU LAPA

Saskaņā ar Regulas (EK) Nr. 1907/2006 (REACH) II pielikumu un Regulu (ES) 2015/830

Versija Nr. 1.0 Aizstāj versiju Nr. --

Sastādīšanas datums: 16.05.2019.

### ECOSEPT 1 % – dezinfekcijas un mazgāšanas līdzeklis

Kušanas/sasalšanas temperatūra:	Nav noteikta.
Viršanas punkts un viršanas temperatūras diapazons:	Nav noteikts.
Uzliesmošanas temperatūra:	> 60 °C (novērtējums)
Iztvaikošanas ātrums:	Nav noteikts.
Uzliesmojamība (cietām vielām, gāzēm):	Nav piemērojama.
Augstākā/zemākā uzliesmojamība vai sprādziena robežas:	Nav noteiktas.
Tvaika spiediens:	Nav noteikts.
Tvaika blīvums:	Nav noteikts.
Blīvums:	0,984 g/cm <sup>3</sup>
Šķīdība:	Ūdenī: pilnībā sajaucas
Sadalījuma koeficients: n-oktānols/ūdens:	Nav noteikts.
Pašaiždegšanās temperatūra:	Nav noteikta.
Noārdīšanās temperatūra:	Nav noteikta.
Viskozitāte:	Nav noteikta.
Sprādzienbīstamība:	Produkts nav sprādzienbīstams.
Oksidēšanas īpašības:	Nav.
<b>9.2. Cita informācija:</b>	
Nav pieejamu datu.	

### 10. IEDAĻA: Stabilitāte un reaģētspēja

#### 10.1. Reaģētspēja:

Stabils normālos lietošanas, apiešanās un uzglabāšanas apstākļos.

#### 10.2. Ķīmiskā stabilitāte:

Stabils normālos lietošanas, apiešanās un uzglabāšanas apstākļos.

#### 10.3. Bīstamu reakciju iespējamība:

Normālos uzglabāšanas un lietošanas apstākļos bīstama polimerizācija un reakcijas nav sagaidāmas.

#### 10.4. Apstākļi, no kuriem jāvairās:

Nesamaisīt kopā ar citiem mazgāšanas / tīrīšanas līdzekļiem vai citām ķīmiskām vielām.

Sargāt no karstuma un tiešas saules staru iedarbības.

#### 10.5. Nesaderīgi materiāli:

Lietojot atbilstoši norādījumiem, nav.

#### 10.6. Bīstami noārdīšanās produkti:

Apkārtējās vides temperatūrā produkts nesadalās.

Ugunsgrēka apstākļos, pēc maisījumā esošā alkohola un ūdens iztvaikošanas, var izdalīties kairinoši vai kodīgi izgarojumi.

### 11. IEDAĻA: Toksikoloģiskā informācija

#### 11.1. Informācija par toksikoloģisko ietekmi:

Aktīvā toksicitāte: Par produktu nav pieejamu datu.

Sastāvdaļas: Maisījums neatbilst klasificēšanas kritērijiem.

Viena, EK Nr.	Iedarbības veids, dzīvnieks	Deva
Cetraizvītotā amonija savienojumi, benzil-C12-16-alkildimetil-, hlorīdi, (CAS Nr.: 68424-85-1)	LD <sub>50</sub> , orāli, žurkas LD <sub>50</sub> , dermāli, truši	344 mg/kg 3340 mg/kg

SPODRA SIA  
www.spodra.com

**DROŠĪBAS DATU LAPA**

Saskaņā ar Regulas (EK) Nr. 1907/2006 (REACH) II pielikumu un Regulu (ES) 2015/830

Versija Nr. 1.0 Aizstāj versiju Nr. --

Sastādīšanas datums: 16.05.2019.

**ECOSEPT 1 % – dezinfekcijas un mazgāšanas līdzeklis**

	Četraizvietotā amonija savienojumi, benzil-C12-14 (pāra skaitļu)-alkildimetil-, hlorīdi, 939-350-2 *	LD <sub>50</sub> , orāli, zūrkas LD <sub>50</sub> , dermāli, truši	397,5 mg/kg 3412 mg/kg
	* Maisījuma aktīvās vielas (CAS Nr.: 68424-85-1) pamata daļa (līdz pat 80 - 90 %).		
Kodīgums / kairinājums, ādai:	Par produktu nav pieejamu datu. Maisījums neatbilst klasificēšanas kritērijiem.		
Nopietns acu bojājums / kairinājums:	Par produktu nav pieejamu datu. Maisījums neatbilst klasificēšanas kritērijiem.		
Elpceļu vai ādas sensibilizācija:	Par produktu nav pieejamu datu. Maisījums neatbilst klasificēšanas kritērijiem.		
Mikroorganismu šūnu mutācija:	Par produktu nav pieejamu datu. Nesatur sastāvdaļas, kas ir klasificētas kā mutagēnas.		
Kancerogēnums:	Par produktu nav pieejamu datu. Nesatur sastāvdaļas, kas ir klasificētas kā kancerogēnas.		
Toksiskums reproduktīvajai sistēmai:	Par produktu nav pieejamu datu. Nesatur sastāvdaļas, kas ir klasificētas kā toksiskas reproduktīvajai sistēmai.		
Toksiska ietekme uz īpašu mērķorgānu (STOT):			
Vienreizēja iedarbība (STOT SE):	Par produktu nav pieejamu datu. Maisījums neatbilst klasificēšanas kritērijiem.		
Atkārtota iedarbība (STOT RE):	Par produktu nav pieejamu datu. Maisījums neatbilst klasificēšanas kritērijiem.		
Bīstamība ieelpojot:	Maisījums neatbilst klasificēšanas kritērijiem.		
Informācija par iespējamajiem iedarbības veidiem:	Var iedarboties uz organismu, saskaroties ar ādu un acīm, ieelpojot un norijot.		
Ar fizikālajām, ķīmiskajām un toksikoloģiskajām īpašībām saistītie simptomi:			
Ieelpojot:	Var izraisīt vieglu elpošanas ceļu gļotādu kairinājumu un miegainību vai reibošus.		
Nokļūstot uz ādas:	Vispārējā gadījumā produkts ādu nekairina.		
Nokļūstot acīs:	Var izraisīt vieglu kairinājumu, apsārtumu un asarošanu.		
Norijot:	Var izraisīt vieglu mutes un kakla gļotādu kairinājumu.		
Aizkavēta un tūlītēja, kā arī hroniska ietekme, ko rada īslaicīga un ilgstoša iedarbība:	Nav pieejamu datu.		
Iedarbību pastiprinoši apstākļi:	Jau esošas ādas, acu un elpošanas ceļu slimības.		
Pārējā informācija:	Maisījums ir klasificēts ar aprēķina metodi.		

**12. IEDAĻA: Ekoloģiskā informācija****12.1. Toksiskums:**

Par produktu nav pieejamu datu.

Pamatojoties uz informāciju par tā sastāvdaļām, maisījums ir klasificēts kā kaitīgs ūdens organismiem ar ilglaicīgām sekām.

Sastāvdaļas:	Vielas, EK Nr.	Iedarbības veids, organisms	Deva
	Četraizvietotā amonija savienojumi, benzil-C12-16-alkildimetil-, hlorīdi, (CAS Nr.: 68424-85-1)	LC <sub>50</sub> , zivis, <i>Pimephales promelas</i> , 96h	0,28 mg/l
		EC <sub>50</sub> , dafnijas, <i>Daphnia magna</i> , 48h	0,0058 mg/l 0,0016 mg/l
	Četraizvietotā amonija savienojumi, benzil-C12-14 (pāra skaitļu)-alkildimetil-, hlorīdi, 939-350-2 *	ErC <sub>50</sub> , aļģes, <i>Selenastrum capricornutum</i> , 72h	0,049 mg/l
		NOEC, dafnijas, <i>Daphnia magna</i> , 21 d.	≥ 4,15 µg/l
	Četraizvietotā amonija savienojumi, benzil-C12-14 (pāra skaitļu)-alkildimetil-, hlorīdi, 939-350-2 *	LC <sub>50</sub> , zivis	0,515 mg/l
		EC <sub>50</sub> , dafnijas	0,016 mg/l
		IC <sub>50</sub> , aļģes	0,03 mg/l
		NOEC, aļģes	0,009 mg/l

\* Maisījuma aktīvās vielas (CAS Nr.: 68424-85-1) pamata daļa (līdz pat 80 - 90 %).

**12.2. Noturība un spēja noārdīties:**

Produkta sastāvā esošās virsmaktīvās vielas atbilst bionoārdīšanās kritērijiem, kas noteikti Regulā 648/2004/EK par mazgāšanas līdzekļiem.

Sastāvdaļas:	Vielas, CAS Nr.	Dati	Secinājumi
	Četraizvietotā amonija savienojumi, benzil-C12-16-alkildimetil-, hlorīdi, 68424-85-1	63 %; 28 dienās; OECD 301 D	Viegli bioloģiski noārdās.

SPODRA SIA  
www.spodra.com

**DROŠĪBAS DATU LAPA**

Saskaņā ar Regulas (EK) Nr. 1907/2006 (REACH) II pielikumu un Regulu (ES) 2015/830

Versija Nr. 1.0 Aizstāj versiju Nr. --

Sastādīšanas datums: 16.05.2019.

**ECOSEPT 1 % – dezinfekcijas un mazgāšanas līdzeklis****12.3. Bioakumulācijas potenciāls:**

Bioakumulācija nav sagaidāma.

Sastāvdaļas:	Vielas CAS Nr.	BCF	Potenciāls
	Cetraizvietotā amonija savienojumi, benzil-C12-16-alkildimetil-, hlorīdi, 68424-85-1	79 (zīvis, caurplūdes tests, 35 d. + 21 d. attīrīšanās)	Zems.

**12.4. Mobilitāte augsnē:**

Produkts pilnībā sajaucas ar ūdeni un var pārvietoties ar gruntsūdeņiem. Nav datu par faktisko izplatīšanos augsnē.

**12.5. PBT un vPvB ekspertīzes rezultāti:**

Maisījums un tā sastāvdaļas neatbilst PBT vai vPvB kritērijiem.

**12.6. Citas nelabvēlīgas ietekmes:**

Maisījuma aktīvā viela tiek uzskatīta par kaitīgu attīrīšanas iekārtu aktivajām dūžām.

Pārējā informācija:

Neievadīt produktu apkārtējā vidē citādi, nekā tas noteikts lietošanas instrukcijā.

**13. IEDAĻA: Apsvērumi saistībā ar apsaimniekošanu****13.1. Atkritumu apstrādes metodes:**

Produkta atlikumi un izlietotais iepakojums jāizvieto drošā veidā saskaņā ar normatīvo aktu prasībām.

Lietotājam ir jāapzinās, ka šī produkta atkritumu kategorija ir atkarīga no konkrētajiem lietošanas apstākļiem.

Zemāk dotais atkritumu kods ir rekomendējams, pamatots ar produkta lietošanas norādījumiem.

Atkritumu klasifikācija:

**Produkts:**

Grupa: 0704 Organisko augu aizsardzības līdzekļu (izņemot 020108 un 020109 klasi), koksnes konservantu (izņemot 0302 grupu) un citu biocīdu ražošanas, sagatavošanas, piegādes un izmantošanas tehnoloģisko procesu atkritumi.

Klase: 070499 Citi šīs grupas atkritumi.

Produkts ir bīstamie atkritumi.

Utilizēt ar licencēta atkritumu savākšanas uzņēmuma starpniecību.

**Iepakojums:**

Grupa: 1501 Iepakojums (ieskaitot atsevišķi savākto sadzīvē radīto izlietoto iepakojumu).

Klases:

*Attīrīts:* 150102 Plastmasas iepakojums;

*Neattīrīts:* 150110 Iepakojums, kurš satur bīstamu vielu atlikumus vai ar tām piesārņots.

Iepakojumu iztukšot tik pilnīgi, cik iespējams.

Pēc atbilstošas attīrīšanas to var nogādāt atkārtotai pārstrādei.

Ieteicamais tīrīšanas līdzeklis: ūdens.

Pārējā informācija:

Atkritumus aizliegts izliet atkritumu konteinerā, lietus tīdens kanalizācijā un apkārtējā vidē. Bez iepriekšējas atšaidīšanas produktu nedrīkst ievadīt attīrīšanas iekārtās.

**14. IEDAĻA: Informācija par transportēšanu****14.1. ANO numurs:**

Nav klasificēts.

**14.2. ANO sūtīšanas nosaukums:**

Nav klasificēts.

**14.3. Transportēšanas bīstamības klase(-es):**

Nav klasificēts.

**14.4. Iepakojuma grupa:**

Nav klasificēts.

**14.5. Vides apdraudējumi:**

Atbilstoši transportēšanas noteikumiem nav klasificēts.

**14.6. Īpaši piesardzības pasākumi lietotājiem:**

Pārvadāšana lietotāja Produktu vienmēr pārvadāt noslēgtā iepakojumā, vertikālā stāvoklī, drošā veidā.

iekštelpās: Nodrošināt, lai personāls, kas pārvadā produktu, zinātu kā rīkoties nejausās nolūdes gadījumā.

**14.7. Transportēšana bez taras atbilstoši MARPOL II pielikumam un IBC kodeksam:**

Nav piemērojama.



**DROŠĪBAS DATU LAPA**

Saskaņā ar Regulas (EK) Nr. 1907/2006 (REACH) II pielikumu un Regulu (ES) 2015/830

Versija Nr. 1.0 Aizstāj versiju Nr. --

Sastādīšanas datums: 16.05.2019.

**ECOSEPT 1 % – dezinfekcijas un mazgāšanas līdzeklis****15. IEDAĻA: Informācija par regulējumu****15.1. Drošības, veselības joma un vides noteikumi / normatīvie akti, kas īpaši attiecas uz vielām un maisījumiem:**

- Eiropas Parlamenta un Padomes Regula (EK) Nr. 1907/2006 (REACH)  
Komisijas Regula (ES) 2015/830 (2015. gada 28. maijs), ar ko groza Eiropas Parlamenta un Padomes Regulu (EK) Nr. 1907/2006, kas attiecas uz ķīmikāliju reģistrēšanu, vērtēšanu, licencēšanu un ierobežošanu (REACH)  
Eiropas Parlamenta un Padomes Regula (EK) Nr. 1272/2008 (2008. gada 16. decembris) par vielu un maisījumu klasificēšanu, marķēšanu un iepakojšanu un ar ko groza un atceļ Direktīvas 67/548/EEK un 1999/45/EK un groza Regulu (EK) Nr. 1907/2006  
Eiropas Parlamenta un Padomes Regula (ES) Nr. 528/2012 (2012. gada 22. maijs) par biocīdu piedāvāšanu tirgū un lietošanu  
Eiropas Parlamenta un Padomes 2004. gada 31. marta Regula Nr.648/2004/EK par mazgāšanas līdzekļiem  
2013. gada 27. augusta MK noteikumi Nr.628 "Prasības attiecībā uz darbībām ar biocīdiem"  
2011. gada 19. aprīļa MK noteikumi Nr.302 "Noteikumi par atkritumu klasifikatoru un īpašībām, kuras padara atkritumus bīstamus"  
2007. gada 15. maija MK noteikumi Nr.325 "Darba aizsardzības prasības saskaņā ar ķīmiskajām vielām darba vietās"  
2015. gada 22. decembra MK noteikumi Nr.795 „Ķīmisko vielu un maisījumu uzskaites kārtība un datubāze”

**15.2. Ķīmiskās drošības novērtējums:**

- Maisījumam nav paredzēts.  
REACH ietvaros reģistrētām sastāvdaļām novērtējums ir veikts. Pilna informācija ir pieejama ECHA datubāzē.

**16. IEDAĻA: Cita informācija****Saīsinājumi:**

- PBT - noturīga, bioakumulatīva un toksiska (viela)  
vPvB - ļoti noturīga un ļoti bioakumulatīva (viela)  
TWA - laikā svērtā vidējā vērtība  
STEL - īslaicīgās iedarbības robežvērtība  
LD<sub>50</sub> - letālā deva 50 % testa populācijai  
LC<sub>50</sub> - letālā koncentrācija 50 % testa populācijai  
EC<sub>50</sub> - vidējā efektīvā koncentrācija  
IC<sub>50</sub> - inhibējošā koncentrācija 50 % testa populācijai  
ErC<sub>50</sub> - testa vielas koncentrācija, kas rada 50 % augšanas ātruma samazinājumu salīdzinājumā ar kontroli  
NOEC - Nenovērojams ietekmes koncentrācija  
BCF - biokoncentrācijas faktors  
OECD - Ekonomiskās Sadarbības un Attīstības Organizācija

**Bīstamības klašu un kategoriju, kā arī bīstamības apzīmējumu kodu atšifrējumi:**

- Acute Tox. 4 - Akūts toksiskums, 4. bīstamības kategorija  
Aquatic Acute 1 - Viela bīstama ūdens videi, 1. akūtas bīstamības kategorija  
Aquatic Chronic 1 - Viela bīstama ūdens videi, 1. hroniskas bīstamības kategorija  
Eye Irrit. 2 - Acu kairinājums, 2. bīstamības kategorija  
Flam. Liq. 2 - Uzliesmojošs šķidrums, 2. bīstamības kategorija  
Skin Corr. 1B - Kodīgs ādai, 1B bīstamības kategorija  
STOT SE 3 - Toksiska ietekme uz mērogānu - vienreizēja iedarbība, 3. bīstamības kategorija  
H225 - Viegli uzliesmojošs šķidrums un tvaiki  
H302 - Kaitīgs, ja norīts  
H314 - Izraisa smagus ādas apdegumus un acu bojājumus  
H319 - Izraisa nopietnu acu kairinājumu  
H336 - Var izraisīt miegainību vai reibosus  
H400 - Ļoti toksisks ūdens organismiem  
H410 - Ļoti toksisks ūdens organismiem ar ilglaicīgām sekām

**Klasifikācija un maisījuma klasifikācijas noteikšanai saskaņā ar Regulu (EK) Nr. 1272/2008 izmantotā procedūra:**

- Klasifikācija: Klasificēšanas procedūra:  
Aquatic Chronic 3; H412: Aprēķina metode.

**Tīrīšanas līdzekļa sastāvdaļas (Regula Nr.648/2004/EK):**

- Sastāvdaļu grupas: dezinfekcijas līdzeklis  
Sastāvdaļu saraksts (INCI): AQUA  
ALCOHOL  
ISOPROPYL ALCOHOL  
BENZALKONIUM CHLORIDE  
COLORANT

Atbilstību starp INCI nosaukumiem, Eiropas farmakopeju un CAS numuriem skatīt šeit: <http://ec.europa.eu/growth/tools-databases/cosing/>**Informācijas avoti:**

- Izejvielu piegādātāju drošības datu lapas, tehniskie apraksti un dati.  
Globālajā tīmeklī publiski pieejamas, analoģu vai līdzīgu produktu ražotāju izdotas, drošības datu lapas, tehnisko datu lapas, kvalitātes pases un sertifikāti un informācija no datu bāzēm.  
Eiropas Ķīmisko vielu aģentūras (ECHA) datubāze.

SPODRA SIA  
[www.spodra.com](http://www.spodra.com)

## DROŠĪBAS DATU LAPA

Saskaņā ar Regulas (EK) Nr. 1907/2006 (REACH) II pielikumu un Regulu (ES) 2015/830

Versija Nr. 1.0 Aizstāj versiju Nr. --

Sastādīšanas datums: 16.05.2019.

### ECOSEPT 1 % – dezinfekcijas un mazgāšanas līdzeklis

#### Papildu informācijas avoti:

Directive 98/8/EC concerning the placing biocidal products on the market. Inclusion of active substances in Annex I to Directive 98/8/EC. Assessment Report. Alkyl (C12-16) dimethylbenzyl ammonium chloride. Product-type 8. (Wood preservative)., June 2015, Italy.

Pieejams: [http://dissemination.echa.europa.eu/Biocides/ActiveSubstances/0063-08/0063-08\\_Assessment\\_Report.pdf](http://dissemination.echa.europa.eu/Biocides/ActiveSubstances/0063-08/0063-08_Assessment_Report.pdf)

#### Informācija par drošības datu lapas labošanu:

Versijas Nr.	Datums	Sākotējais izdevums.
1.0	16.05.2019.	

#### Drošības datu lapa izstrādāta:

SIA „SPODRA”

Kontaktpersona: Valentīns Mucenieks, mob. tālr.: +371 29XXXXXXX

#### Saistību atruna:

Dati ir balstīti uz mūsu šī brīža atziņām un spēkā esošo ES un nacionālo likumdošanu, tomēr ne produkta ražotājs, ne tā piegādātājs negarantē, ka šī informācija ir izsmeljoša un neuzņemas atbildību par sekām, kādas var radīt šīs informācijas izmantošana. Paša produkta lietotāja atbildība ir izvērtēt šeit sniegtās ziņas, to piemērotību konkrētajiem produkta lietošanas apstākļiem un veikt visus nepieciešamos drošības pasākumus, lietojot šo produktu. Informācija nedrīkst tikt izmainīta, kā arī attiecināta uz citiem produktiem. Ir pieļaujama pavairošana, nemainot teksta saturu. Lietotāja atbildība ir ievērot visas nacionālās likumdošanas prasības. Informācija, kas ir sniegta, nozīmē mūsu produkta drošības prasību aprakstu. To nevar uzskatīt par produkta īpašību garantiju un tā nevar būt par pamatu likumiskām līgumattiecībām.

## 1.5.4. Iepakojums (CLP regulas 35. pants, ii, 3.1., 3.2. sadaļas)

Iepakojumam jāatbilst šādām prasībām:

- jānovērš saturs noplūde;
- iepakojums jāveido no izturīga materiāla, lai nesabojātu saturu;
- stingrs un blīvs;
- lai noņemto aizdari varētu izmantot atkārtoti;
- nedrīkst būt tādas formas, kas piesaista bērnu uzmanību, ja iepakojums satur bīstamu vielu;
- nedrīkst būt līdzīgs pārtikas, dzīvnieku barības, medicīnas un kosmetikas produktu iepakojumam;
- bīstamu vielu iepakojums jāaprīko ar bērniem nepieejamu aizdari;
- lielākas bīstamības vielām jālieto sataustāmas bīstamības brīdinājuma zīmes.

Atkāpes no marķēšanas un iepakošanas prasībām (CLP regulas 29. panta 1. punkts. I. pielikums 1.5.1.): ja iepakojums ir ļoti mazs vai īpašas formas, marķējuma elementus novieto uz atlokāmas etiķetes vai piesietas birkas, vai ārējā iepakojumā.

Uz jebkura iepakojuma marķējuma jānorāda piktogramma, identifikators, piegādātājs un tā tālruņa numurs.

CLP nosaka, ka jāmarķē tikai tas, kas nonāk tirgū.

LR MK noteikumi Nr. 325 par darba aizsardzības prasībām saskaņā ar ķīmiskajām vielām darba vietās nosaka, ka darba vietā vielām un maisījumiem jābūt atbilstoši marķētiem.

ECHA izstrādātas vadlīnijas par marķēšanu un iepakošanu saskaņā ar CLP regulu.

## 1.6. Ķīmisko vielu riska novērtēšana

Ministru kabineta 2001. gada 27. decembrī pieņemtie noteikumi Nr. 539 "Noteikumi par darba aizsardzības prasībām, saskaroties ar kancerogēnām vielām darba vietās" un Ministru kabineta 2002. gada 20. augustā pieņemtie noteikumi Nr. 373 "Darba aizsardzības prasības darbā ar azbestu" nosaka, ka darba devējs nodrošina ķīmisko vielu radītā riska novērtēšanu atbilstoši uzņēmuma darba vides iekšējās uzraudzības un darba riska novērtēšanas kārtībai. Ja ir noteikts risks darbinieku veselībai un drošībai vai ir nodarīts kaitējums apkārtējai videi, tad darba devējam ir jācenšas šo risku novērst vai samazināt līdz pieļaujamam līmenim, veicot dažādus darba aizsardzības pasākumus.

Ministru kabineta 2002. gada 3. septembrī pieņemtie noteikumi Nr. 400 "Darba aizsardzības prasības drošības zīmju lietošanā" nosaka pienākumu darba devējam nodrošināt darba vietas ar drošības zīmēm, kad nav iespējams novērst risku vai to mazināt ar kolektīvās aizsardzības tehniskajiem līdzekļiem, metodēm un procedūrām. Darba devējs, izvēloties drošības zīmes, darba vietā izskata katru darba vides risku.

Katra situācija, kad izmanto ķīmiskās vielas, jāanalizē atsevišķi, lai varētu izvēlēties visefektīvākos preventīvos pasākumus. Plaši jāizmanto konsultācijas ar darbiniekiem ar lielu darba pieredzi un tiem, kuri labi pārzina pastāvošos darba riskus.

Attiecībā uz riska faktoriem, kuriem ir iespējamās smagas sekas, riska novērtēšana ir sarežģīta, darba aizsardzības pasākumu izstrādāšana prasa rūpīgu speciālistu kolektīvu darbu, izmantojot dažādas metodes. Piemēram, darba izpildes un bīstamības analīze, kas dod iespēju noteikt iespējamās sekas, ja notiek izmaiņas normālajos darba apstākļos, katrā atsevišķā iekārtā, ja izmainās spiediens, temperatūra, izejvielu padeve u. c.

Bieži vien ir jānosaka kādas vielas vai apkārtējās vides bīstamība, lai prognozētu iespējamo nelaimes gadījumu risku. Var izmantot arī anketēšanas metodi, kur risku novērtēšanai izmanto anketas jautājumus, kas attiecas uz dažādām ķīmiskās ražotnes vienībām un to atbilstību normatīvo aktu prasībām. Piešķirot katram trūkumam skaitlisko vērtību, tiek noteikti riska līmeņi. Izmantojot šādus datus, var noteikt iekārtas vai darba drošības stāvokli.

Uzliesmošanas un toksisko vielu iedarbības varbūtību nosaka, veicot laboratorijas mērījumus vai izmantojot ekspresmēraparatūru. Ja darbi notiek slēgtās telpās, ir nepieciešama nepārtrauktā papildināma kontrole un mērīšana. Šādās telpās jāiekārto detektoru sprādzienbīstamām vidēm, skaņas signalizācija, kas iedarbojas, ja uzliesmošanas zemākā robeža tiek pārsniegta par 20 %.

Ministru kabineta 2003. gada 25. jūnijā pieņemtajos noteikumos Nr. 336 "Noteikumi par sprādzienbīstamā vidē lietojamām iekārtām un aizsargsistēmām" ir uzrādītas prasības sprādzienbīstamā vidē lietojamām iekārtām un aizsardzības sistēmām. Šīs iekārtas un aizsardzības sistēmas ir paredzētas brīdināšanai par sprādzienbīstamību.

Toksisko ķīmisko vielu noteikšanai darba vietā izmanto ekspresmēraparatūru. Ja

nepieciešami precīzāki mērījumi, tad lieto gan individuālos, gan stacionāros paraugu savācējus, caur kuriem noteiktā laikā izfiltrējas noteikts gaisa daudzums un uz filtra paliek piesārņojošā viela. Vēlāk paraugus analizē un nosaka piesārņotības līmeni. Šādi mērījumi ir nepieciešami, ja pastāv hroniskas slimības izraisīšanas iespēja.

Latvijas valsts standartā LVS 89-1998 “Ķīmisko vielu aroda ekspozīcijas robežvērtības darba vides gaisā” (AER) dažādām bīstamām ķīmiskajām vielām ir noteiktas pieļaujamās aroda ekspozīcijas robežvērtības, tas dod iespēju novērtēt ķīmisko vielu iedarbības risku uz darbinieka veselību.

## 1.7. Putekļi un to klasifikācija

Pašaulē ir plaši izplatītas putekļu izraisītās arodslimības. Pirmo vietu arodslimību struktūrā Latvijā ieņem pneimokonioze un hronisks “putekļu bronhīts”. Hronisks bronhīts rodas, iedarbojoties cementa, koka, vilnas, kokvilnas, graudu, miltu, smilts un cita veida putekļiem. Putekļi ir galvenais nelabvēlīgais faktors būvmateriālu, porcelāna un fajansa izstrādājumu ražošanā, kombinētās lopbarības un miltu ražošanā, tekstilrūpniecībā, metālliešanas ražotnēs, mašīnbūvē un lauksaimniecībā.

Putekļi ir smalkas šķidrās, cietas un gāzveida daļiņas, kas atrodas gaisā. Tie ir aerosols, kur disperso fāzi veido cietās daļiņas un disperso vidi – gaiss.

Izšķir organiskos, neorganiskos un ķīmiskos putekļus.

1. Organiskie putekļi:
  - a) augu (koka, miltu, kokvilnas, tabakas);
  - b) dzīvnieku (ādas, vilnas, matu, kaulu);
  - c) mākslīgie (plastmasas);
  - d) mikroorganismu (baktēriju, sēņu);
2. Neorganiskie putekļi:
  - a) metālu (dzelzs, vara, alumīnija, mangāna, litija);
  - b) minerālu (kvarca, azbesta, kaļķu, cementa);
3. Ķīmiskie:
  - a) sāļu, hidroksīdu, oksīdu;
  - b) organisko skābju, sāļu, olbaltumvielu.

Pēc veidošanās putekļus iedala:

- a) dezintegrācijas aerosoli – veidojas, sasmalcinot cietas vielas (maļot, urbnot un skaldot);
- b) kondensācijas putekļi – veidojas, kondensējoties sakarsēta metāla (piemēram, cinka, alumīnija utt.) tvaikiem, tos atdzesējot: šo putekļu daļiņas ir sikākas nekā sasmalcinātās cietās vielas.

Pēc daļiņu lieluma putekļus iedala:

- a) redzamajos – daļiņu diametrs lielāks par 10 nm;
- b) mikroskopiskajos – daļiņu diametrs 0,25–10 nm;
- c) ultramikroskopiskajos – daļiņu diametrs mazāks par 0,25 nm.

Putekļu daļiņu lielums

N.p.k.	Materiāls	Daļiņu lielums, diametrs, nm
1.	Smiltis	200–2000
2.	Cements	4–10
3.	Ziedputekšņi	10–100
4.	Sēņu sporas	2–100
5.	Klinšu putekļi	1–10
6.	Tabakas dūmi	0,1–1,0
7.	Tvaiki	0,1–0,4
8.	Virusi	0,1–0,4 22–0,2

Redzami putekļi ātri nosēžas un ir mazāk bīstami, jo tos var viegli izvadīt no telpas. Mikroskopiskie putekļi nosēžas lēni ar pastāvīgu ātrumu. Ultramikroskopiskie putekļi atrodas gaisā pastāvīgā kustībā un nenosēžas. Šo putekļu izvadišanas procesu paaugstina gaisa mitrināšana. Bīstami ir putekļi, kuru daļiņas ilglaicīgi atrodas darba vietas gaisā. Cilvēka veselībai visbīstamākie ir putekļi, kuru diametrs ir mazāks par 5 nm, tie iekļūst dziļi elpošanas orgānos, kā arī kuņģī un zarnu traktā. Daļiņas berzes dēļ uzlādējas un pielīp pie elpošanas ceļu, gremošanas trakta sienām un aizturas tur.

Putekļu šķīdībai var būt pozitīva nozīme, ja putekļu daļiņu patoloģiskās iedarbības pamatā ir mehāniskais kairinājums (sāls, cukurs, medikamenti), vai negatīva, ja iedarbības pamatā ir putekļu ķīmiskās īpašības (plastmasu putekļi, hlorkaļķi, litija hidrīds).

Tehnoloģiskajos procesos, kuru pamatā ir mikrobioloģiskie procesi, darba vidē var būt paaugstināta baktēriju vai sēņu koncentrācija. Daudziem putekļiem piemīt eksplozīvas īpašības. Piemēram: ogļu, miltu, cukura, sēra, alumīnija, cinka putekļi var eksplodēt un sadegt dažās sekundēs. Tas notiek tādēļ, ka putekļu virsma ir ļoti liela, tie var vienlaikus reaģēt un savienoties ar gaisa skābekli. Notiek ātrs oksidācijas process. Minimālā putekļu koncentrācija, kas izraisa eksploziju, dažādiem putekļiem ir dažāda: ogļu – 30–40 g/m<sup>3</sup>; cietes, alumīnija – 7 g/m<sup>3</sup>; cukura putekļiem – 10,3 g/m<sup>3</sup>.

Darba vietas gaisā var būt arī cita veida aerosoli:

- dūmi – aerosols, kas veidojas degšanas procesā;
- tvaiki – aerosols, kas veidojas, kad sīkās daļiņas degšanas procesā pārveidojas gāzē, kad notiek sublimācijas vai kondensācijas process;
- garaiņi – gāzveida, molekulāri dispersa, parasti cietā vai šķidrā stāvoklī esoša viela;
- migla – šķidrums aerosols, kas veidojas, kad sadalās un kondensējas šķidrums un veidojas pilieni, to diametrs ir 2–3 nm.

Noteikta putekļu arodekspozīcijas robežvērtība (AER) darba telpas gaisā. Pēc Latvijas valsts standarta (LVS 89-1998) agresīviem putekļiem (kvarca putekļiem un putekļiem, kuru sastāvā ir vairāk nekā 70 % silīcija dioksīda AER ir 1 mg/m<sup>3</sup>). Ja putekļos ir 10–70 % silīcija dioksīda – šamots, granīts –, tad AER ir 0,5 mg/m<sup>3</sup>. Ja silīcija dioksīda saturs putekļos ir no 0,2 līdz 10 %, tad AER ir 4 mg/m<sup>3</sup>. Putekļiem, kas nesatur silīcija dioksīdu, AER ir 10 mg/m<sup>3</sup>.

Ieelpojot putekļi kopā ar gaisu nonāk plaušās; lielākā daļa putekļu tiek izelpoti vai izvadīti no organisma plaušu pašattīrīšanās procesā. Neliela daļa putekļu atkarībā no to izmēra atbilstoši fizikas likumiem nogulsņējas plaušās. Medicīniskie izmeklējumi ir pierādījuši, ka putekļi ar diametru 0,1–5 nm (putekļu respirablā frakcija) nosēžas plaušu alveolās, bet lielākās daļiņas aiztur deguna dobuma un kakla gļotāda, traheja, bronhi un tiek izvadītas no organisma. Mazākām daļiņām (<0,1 nm) piemīt visas koloīdu īpašības (tipisks piemērs ir dūmi). Elpošanas ceļu attīrīšanās notiek, izvadot putekļus kopā ar mutes dobuma gļotām (siekalām); attīrīšanos veicina arī klepošana un šķavas. Smalkā frakcija nonāk limfā un tiek iznēsāta pa visu limfātisko sistēmu.

Azbesta šķiedru ieelpošana, nogulsņēšanās un izvadīšana no organisma atkarīga no azbesta šķiedru formas un izmēra. Īpaši smalkas šķiedras ar diametru ne lielāku par 3 nm un garumā līdz 100 nm, nonāk alveolās. Pašas sīkākās azbesta šķiedras var nonākt pat līdz pleirai un dažkārt nokļūst pat pleiras dobumā.

### 1.7.1. Putekļu bioloģiskā iedarbība un bīstamība veselībai

Ekspierimenti ar dzīvniekiem, klīniskie, patoloģiskie, anatomiskie un epidemioloģiskie pētījumi ļauj secināt, ka noteikta tipa putekļi var izraisīt specifiskas saslimšanas, piemēram, saslimšana no kvarca putekļiem (silikoze), no azbesta putekļiem (azbestoze), no alergēniem putekļiem (dažādas alerģijas).

Lielākā daļa citu putekļu neizraisa specifiskas saslimšanas, tāpēc to izraisītās saslimšanas pieskaita pie nespecifiskām hroniskām plaušu saslimšanām. Praktiskā pieredze rāda, ka arī tā sauktie inertie putekļi ir apdraudējums veselībai. Šo putekļu bioloģiskā iedarbība ir ilglaicīga, tiem nav fibriogēna, kancerogēna, toksiska vai alergiska iedarbība. Šo putekļu augsta koncentrācija noved pie aizsargmehānisma un attīrīšanās mehānisma pārslodzes, tas veicina elpošanas orgānu saslimšanu.

Jāsecina, ka bīstamību veselībai rada putekļu tips, to koncentrācija ieelpojamā gaisā, iedarbības ilgums, kā arī putekļu iedarbībai pakļautās personas veselības stāvoklis, tai skaitā augšējo elpošanas ceļu un plaušu stāvoklis, vispārējās imūnās sistēmas stāvoklis.

7. tabulā dotas kaitīgo rūpniecisko putekļu pamatklases, to izplatība un bioloģiskā iedarbība.

## Kaitīgo rūpniecisko putekļu pamatklases

Putekļu veids	Ražošanas nozares un procesi	Reakcijas tips	Plaušu saslimšanas	Piezīmes
<b>I Kvarcs un kvarcu saturošie maisījumi</b>				
Ogles, minerālu putekļi, lauku špats, akmens, smilts	Minerālu ieguve, metalurģija, būvmateriālu ražošana, akmens apstrāde, metāla liešana (formēšana), virsmu apstrāde ar smilšu strūklu	Mezglainā fibriozē	Silikoze, antrosilikoze un jauktā pneimokonioze	Sastopama kopā ar tuberkulozi un nespecifiskām plaušu slimībām. Kristāliskā SiO <sub>2</sub> iedarbība līdzīga kvarcam
Kaolīns	Keramikas ražošana (porcelāns, fajanss, trauki, sanitārā keramika un elektrokeramika)	Mezglainā fibriozē	Silikoze	Sastopama kopā ar tuberkulozi un nespecifiskām plaušu slimībām. Kristāliskā SiO <sub>2</sub> iedarbība līdzīga kvarcam
Kvarcīts	Ugunsizturīgie materiāli (ugunsizturīgie māli, silikātķieģeļi)	Mezglainā fibriozē	Silikoze	Sastopama kopā ar tuberkulozi un nespecifiskām plaušu slimībām. Kristāliskā SiO <sub>2</sub> iedarbība līdzīga kvarcam
Kvarca milti	Apmešanas darbi (javas sagatavošana)	Mezglainā fibriozē	Silikoze	Sastopama kopā ar tuberkulozi un nespecifiskām plaušu slimībām. Kristāliskā SiO <sub>2</sub> iedarbība līdzīga kvarcam
Kizelgurs (dedzināts)	Filtrējošo un izolācijas materiālu ražošana	Mezglainā fibriozē	Silikoze	Sastopama kopā ar tuberkulozi un nespecifiskām plaušu slimībām. Kristāliskā SiO <sub>2</sub> iedarbība līdzīga kvarcam
<b>II Azbests un azbestu saturošie maisījumi</b>				
Jēlazbests: hrizolīts, amfibols	Azbesta ieguve, azbesta izstrādājumu ražošana, pārstrāde (izolācijas materiāli, tekstilizstrādājumi, blīves, pret ugunsgrēka materiāli – vairāk nekā 3000 azbestu saturošie izstrādājumi)	Difūzā fibroma, karcinoma	Azbestoze, bronhu un augšējo elpošanas ceļu karcinoma	Kuņģa vēzis azbesta putekļu iedarbības rezultātā
Azbestcements	Celtniecības materiāli un celtniecība	Difūzā fibroma, karcinoma	Azbestoze, bronhu un augšējo elpošanas ceļu karcinoma	



Putekļu veids	Ražošanas nozares un procesi	Reakcijas tips	Plaušu saslimšanas	Piezīmes
Talks	Kaučuka un farmaceitisko izstrādājumu ražošana, kosmētika, krāsas, poligrāfiskā rūpniecība, tekstilrūpniecība, ietilpst insekticīdu sastāvā, izlieto kā sanitāri-higiēnisko līdzekli	Difūzā fibroze, mezglainā fibroze, retos gadījumos karcinoma	Talkoze, bronhu un augšējo elpošanas ceļu karcinoma	
<b>III Metāli un to savienojumi</b>				
Alumīnijs, alumīnija oksīds	Pirotehnika (alumīnija pūderis), korunda ražošana (alumīnija dūmi, kausējot boksītu), vieglo metālu apstrāde (metināšana un griešana ar gāzes liesmu)	Difūzā fibroze, fibroze, iekaisums	“Alumīnija plauša”, “boksīta kausētāja plauša”, nespecifiskās plaušu saslimšanas	
Berilijs, berilija oksīds	Metalurģija, luminiscento lampu ražošana	Šūnu granulācija, difūzā fibroze, iekaisums, imūnā reakcija	Traheobronhīts, plaušu karsonis, beriolīze	Akūtas parādības, latentais periods līdz 25 gadiem iespējama granulomu veidošanās aknās, liesā, muskuļos un ādā
Kalcijs, kalcija oksīds	Metalurģija, krāsu ražošana, galvanika	Iekaisums, intoksikācija	Traheobronhīts, bronhu pneimonija, plaužu emfizēma	Nieru saslimšana, osteoporoze
Hroms, hroma oksīds, hromāts	Metalurģija, metināšana un griešana ar gāzes liesmu, pigmentu ražošana	Iekaisums, imūnā reakcija, karcinoma	Deguna starpsienas jēlums un čūlas, bronhiālā astma, deguna dobuma karcinoma	Kancerogēni tikai sešvērtīgā (+6) hroma savienojumi (sārnu metālu hromāti, hroma oksīds)
Dzelzs, dzelzs oksīds	Metalurģija, metālapstrāde (metināšana, griešana, slīpēšana)	Uzkrāšanās	Sideroze	Beidzoties kontaktam, rentgenogrammās saglabājas izmaiņas



Putekļu veids	Ražošanas nozares un procesi	Reakcijas tips	Plaušu saslimšanas	Piezīmes
Svins, svina oksīds	Metalurģija, akumulatoru ražošana, svina skrošu, pigmentu, glazūras ražošana, svina krāsu saturošu materiālu griešana ar gāzes liesmu	Vispārtoksiska iedarbība	-	Svina intoksikācija (anēmija, kolikas, polineiroloģiski simptomi, iespējama iedarbība uz plaušām)
Mangāns, mangāna oksīdi	Metalurģija, metālapstrāde (metināšana ar mangānu saturošiem elektrodiem). Mangāna rūdu pārstrāde	Iekaisumi, vispārēja toksiska iedarbība	Mangāna pneimonija, nespecifiskas plaušu saslimšanas	-
Niķelis, niķeļa oksīdi, niķeļa sāļi	Metalurģija, galvanika, ķīmiskā rūpniecība	Iekaisumi, imūnā reakcija, karcinoma	Bronhiālā karcinoma, deguna dobuma karcinoma	Niķeļa tertrakarbonīla vispārtoksiska iedarbība (hepatīts, dermatīts)
Vanādija pentoksīds	Ķīmiskā rūpniecība (vanādija katalizatoru ražošana)	Iekaisumi	Traheobronhīts, bronhiālā astma, nespecifiskas plaušu saslimšanas	Dermatīts
Platīna savienojumi (sāļi)	Metalurģija	Imūnā reakcija, iekaisumi	Alerģiskas iesnas, bronhiālā astma	Dermatīts

#### IV Augu un dzīvnieku putekļi (organiskie putekļi)

Malti vai skaldīti graudi vai klijas	Dzirnavas, miltu noliktavas, ceptuves	Iekaisumi, imūnā reakcija	Alerģiskas iesnas, hroniskas iesnas, bronhiālā astma, nespecifiskas plaušu saslimšanas	Analogas parādības izraisa arī pelējuma sēnes, kas bieži vien ir kā piemaisījumi
Koksnes putekļi, īpaši eksotisko koksnes sugu putekļi	Finiera un mēbeļu ražošana, koksnes griešana	Iekaisumi, imūnā reakcija, karcinoma	Alerģiskas iesnas, hroniskas iesnas, bronhiālā astma, nespecifiskas plaušu saslimšanas un deguna dobuma karcinoma	Dermatīts

Putekļu veids	Ražošanas nozares un procesi	Reakcijas tips	Plaušu saslimšanas	Piezīmes
Dzīvnieku ādas un kažokādas, spalvas un zvīņas	Lauksaimniecība, dzīvnieku kopšana, kažokādu izstrādājumu apstrāde, šūšana un pārdošana	Imūnā reakcija	Alerģiskas iesnas, bronhiālā astma	Dermatīts
Fermenti	Farmaceutiskā rūpniecība, mazgāšanas līdzekļu ražošana, pārtikas un dzērienu rūpniecība	Iekaisumi, imūnā reakcija	Alerģiskas iesnas, bronhiālā astma	Dermatīts
Sapelējis siens, salmi, graudaugi	Lauksaimniecība, graudu elevatori, cukura rūpniecība	Imūnā reakcija, alerģiskais alveolīts, difūzā fibroze	“Fermēra plauša”	Izraisa termofilās aktinomicētas, nereti arī pelējuma sēnītes
Vistu, baložu un papagaiļu mēsli	Putnkopība, zooloģiskie dārzi	Imūnā reakcija, alerģiskais alveolīts, difūzā fibroze	“Fermēra plauša”	Izraisa olbaltumvielu sūkulas, kas atrodas putnu mēslos
Kokvilna, lini, kaņepes, džuta pakulas	Linu, kokvilnas un džutas pārstrāde	Iekaisumi, histamīna izdalīšanās	Bisinoze, nespecifiskas plaušu saslimšanas	“Pirmdienas sindroms”, ko izraisa histamīna un tam līdzīgu vielu izdalīšanās. Hroniskus simptomus izraisa ilgstošs gļotādu iekaisums

### V Citi putekļu veidi

Arsēns, arsēna trioksīds, arsēna sāļi	Metalurģija (svina, cinka kausēšana), metālu kodināšana, ķīmiskā rūpniecība (krāsvielas un apdares materiāli)	Iekaisumi, karcinoma, vispārējās intoksikācijas simptomi	Deguna dobuma šķērssienu čūlas un perforācija, traheobronhīts, karcinoma, bronhiālā karcinoma	Polineiroloģiski simptomi, aknu bojājumi, dermatīts
Maleīnskābes anhidrīds	Ķīmiskā rūpniecība (plastmasu ražošana)	Iekaisumi	Konjunktivīts, čūlainais rinīts, laringofaringīts, astmatiskais bronhīts	Dermatīts
Ogļu putekļi, kvēpi, grafīts	Visi ar kvēpiem saistītie darbi, kaučuka un gumijas rūpniecība, elektrodu ražošana	Uzkrāšanās, iekaisumi	Grafīta pneimonoze, nespecifiskas plaušu saslimšanas	Iespējama fibrogēna iedarbība, bronhiālā astma

### 1.7.2. Fibrogēna iedarbība

Fibrogēnie putekļi ir ieelpojamie putekļi, kas satur zināmu daudzumu kvarca (kristālisku SiO<sub>2</sub>) vai (magnija silikātu) šķiedras. Šādi putekļi var izraisīt ierobežotu vai difūzo fibriozu plaušu audos un limfmezglos. Fibriozo reakciju var izraisīt arī dažu metālu putekļi, piemēram, volframs, titāna karbīds, berilijs, alumīnijs, kā arī radioaktīvie putekļi, pulverveida talks un daži augu izcelsmes putekļi.

Uzkrājoties plaušās kvarcu saturošiem putekļiem, rodas plaušu audu mezglveida bojājumi (silikoze). Neatgriezeniskas izmaiņas plaušās un to funkciju samazināšanās veicina plaušu-sirds nepietiekamības attīstību ("plaušu sirds").

Nonākot plaušu alveolās smalkiem azbesta putekļiem, attīstās difūzā fibriozes ar pleiras sabiezējumiem, dažreiz notiek arī pleiras kalcifikācija.

Azbesta putekļu ilgstoša iedarbība stimulē ļaundabīgu audzēju veidošanos (bronhiālā karcinoma un mezotelioma), var parādīties arī azbestozes simptomi.

Talka putekļiem ir dažāda fibrogēna iedarbība. Retos talkozes gadījumos (talkoze – fibrozes īpaša forma) var uzskatīt, ka talka putekļu bīstamība ir neliela un drīzāk saistāma ar azbesta vai kvarca putekļu klātbūtni talkā.

### 1.7.3. Kairinoša iedarbība

Kairinoša iedarbība izpaužas kā acu gļotādu un elpceļu iekaisumi (apsārtums, pietūkums, nieze, asarošana, šķavas, klepus). Bronhu gļotādas jutīgo nervu galu kairinājums stimulē gludās muskulatūras reflektoru saraušanos.

Zinātniski ir pierādīts, ka ilgstoša augstas koncentrācijas putekļu iedarbība izraisa plaušu sasilšanas. Plaušu sasilšanas biežumu veicina apkārtējās vides vispārējs piesārņojums un smēķēšana.

### 1.7.4. Alerģiska iedarbība

Daži putekļi (gandrīz visi augu izcelsmes putekļi) izraisa alerģiskas reakcijas. Šīs imūnās reakcijas ir viena no organisma fizioloģiskām atbildēm uz kairinājumu. Profesionālās elpošanas ceļu alerģijas parasti izpaužas kā bronhiālā astma vai alveolīts.

Putekļu izraisītā bronhiālā astma pieskaitāma tūlītējām alerģiskām reakcijām, piemēram, miltu putekļu izraisītā astma maizes cepējiem.

Tā saukto alerģisko reakciju astmu izraisa dažādas ķīmiskās vielas, piemēram, hinoni, kurus satur koksne. Ieelpojot koksnas putekļus vairākas stundas, astmas simptomi pastiprinās. Bieži vien šīs formas astmu pavada hroniskas iesnas un hroniskais bronhīts.

Alerģiskā alveolīta formas ir arī "fermera plauša" un "putnkopja plauša".

Šīs slimības pāraug difūzajā plaušu fibrozē. Saslimšanas simptomi: elpas trūkums, klepus, paaugstināta temperatūra, plaušu tūskas pazīmes. Šīs slimības tiek sauktas atbilstoši profesijai: "fermera plauša", "siera mazgātāja plauša" u. c.

### 1.7.5. Kancerogēna iedarbība

Ļaundabīgu veidojumu cēloņi var būt gan iekšēji, gan ārēji faktori. Ārējo faktoru izraisītie ļaundabīgie audzēji parasti veidojas fizikālu vai ķīmisku aģentu iedarbības rezultātā. Izdalītas vairāk nekā 2000 vielas, kurām ir kancerogēnas īpašības, piemēram, azbesta putekļi, arsēna, hroma un niķeļa putekļi. Profesionālie ļaundabīgie audzēji var rasties ne tikai tajās vietās, kuras tieši pakļautas kaitīgo ārējo faktoru iedarbībai, bet gan jebkurā orgānā. Turklāt slimības simptomi var parādīties pat pēc 10 un vairāk gadiem.

### 1.7.6. Vispārtoksiska iedarbība

Vispārējās iedarbības toksiskās vielas – putekļi – nelokalizējas tikai elpošanas ceļos, bet to toksiskā iedarbība var izpausties kādā citā orgānā vai kā papildinājums citiem simptomiem, piemēram, centrālajā nervu sistēmā, aknās, nierēs. Tā mangāna un kadmija savienojumi vienlaikus ar elpošanas ceļu bojājumiem skar arī citus orgānus. Piemēram, svins bojā nervu sistēmu, maz skarot elpošanas ceļus.

### 1.7.7. Iedarbība uz ādu

Dermatītu (ādas apsārtums, izsitumi, nātrene) cēlonis ir izolācijas materiālu (stikla šķiedra) un ugunsizturīgo materiālu (šamots) putekļi. Dermatīti var rasties, izmantojot veļas pulverus, kas satur fermentus. Šādus pulverus ieteicams granulēt.

### 1.7.8. Pasākumi cilvēka veselības aizsargāšanai no putekļu iedarbības

Nepieciešams novērot (pēc iespējas) putekļu rašanos un to atrašanos ražošanas telpās. Izmantojami šādi paņēmieni:

- aizstāt esošās tehnoloģijas ar tehnoloģijām, kurās izdalās mazāk putekļu;
- iekārtu hermetizācija;
- materiālu pārvietošanai izmantot slēgtas pneimatiskās un hidrauliskās sistēmas;
- ventilācija (kopējā un vietējā);
- pastāvīga gaisa analīze darba vietā;
- individuāli elpošanas ceļu aizsardzības līdzekļi;
- specapgērbs un speciālie apavi.

Personām, kurām būs jāstrādā stipri putekļainā gaisā, pirms tās pieņem darbā, jāiziet medicīniskā apskate, lai noskaidrotu vai veselība ļauj strādāt šo darbu. Pēc tam jāveic periodiskas medicīniskās apskates. Cilvēkus ar funkcionālām vai patoloģiskām izmaiņām plaušās nedrīkst pieņemt darbā, kas saistīts ar putekļu iedarbību, jo ir lielāka iespēja saslimt ar dažādām plaušu slimībām.

## 2. NEORGANISKAS VIELAS KĀ KAITĪGS ĶĪMISKAIS FAKTORS

### 2.1. Veselībai kaitīgie metāli

Ir apmēram 35 metāli, ar kuriem strādājot nepieciešama īpaša piesardzība. Apmēram 20 no tiem, ja netiek ievēroti visi piesardzības priekšnoteikumi, toksiski iedarbojas uz cilvēka organismu.

Cilvēka dzīvības procesu normālai darbībai nepieciešami vismaz 10 metāli, piemēram, kalcijs, magnijs, kālijs; taču arī tie var būt toksiski, ja tiek pārdozēti. Dažādi metāli var iedarboties cits ar citu. Piemēram, organismam nevajadzīgs metāls var kavēt vajadzīga elementa uzsūkšanos, radot tā deficītu.

#### 2.1.1. Akūta intoksikācija

Akūta metālu toksiska iedarbība novērojama, ieelpojot gaisu, kas satur metāla putekļus, vai arī uzņemot šķidrums, kurā ir liela metālu koncentrācija.

Darba vides gaisā augsta metāla koncentrācija var veidoties rūpniecisku avāriju gadījumā, piemēram, pēc sprādziena, pēc metāla tvaiku noplūdes no parasti slēgtiem konteineriem, ventilācijas sistēmas atslēgšanās u. c. Ieelpojot augstas koncentrācijas metāla putekļus vai tvaikus, tiek kairināti elpošanas ceļi, tas var novest pie bronhīta, ķīmiskās pneimonijas, bet sevišķi smagos gadījumos – plaušu tūskas. Letāls iznākums var būt tūlīt pēc iedarbības vai arī pēc kāda laika, pat pēc vairākām nedēļām. Ieelpojot viskaitīgākie metāli ir berilijs (Be) un kadmijs (Cd). Cinka (Zn) un vara (Cu) ieelpošana izraisa “liešanas drudzi”. Tā simptomi ir līdzīgi gripas simptomiem (drudzis, sāpes locītavās un krūtīs), parādās jau 1–24 stundu laikā pēc ieelpošanas. Šāds stāvoklis nāvi neizraisa, un atveseļošanās sākas jau pēc divām dienām.

Augsta metālu koncentrācija var nokļūt arī dažādos šķidrums. Tā akūtu intoksikāciju bieži vien rada pašdarināti alkoholiskie dzērieni, kuru pārdestilēšanai izmanto svina (Pb) vai vara traukus. Skābi šķidrums var ekstrahēt tādus metālus kā antimonu (Sb), kadmiju (Cd) un cinku (Zn) no katliņu emaljas, metāliskām konservu kārbām un bezalkoholisko dzērienu pārdošanas automātu lodējuma vietām. Simptomi, kas parādās pēc pārmērīgas metālu uzņemšanas, ir tādi paši kā saindējoties ar ēdienu: slikta dūša, vemšana, sāpes vēderā un dažreiz arī caureja. Akūtu intoksikāciju izraisa arsēns (As), dzelzs (Fe), litijs (Li), tallijs (Ta).

## 2.1.2. Hroniska intoksikācija

Darba vietā īpaša uzmanība jāpievērš hroniskai intoksikācijai ar metāliem. Lie-lākā daļā informācijas ir iegūta rūpnieciskajā praksē. Par dažu metālu, piemēram, svina un arsēna, toksiskumu cilvēki zina jau daudzus gadsimtus.

Sīki aprakstīta svina (Pb) iedarbība tā kausēšanas laikā un darbojoties ar svina akumulatoriem. Svina iedarbība izpaužas kā izmaiņas asins sastāvā, “svina paralīze” un kolikas. Ieelpojot dzīvsudraba tvaikus šāhtās vai citās ražotnēs (filca cepuru ražošana), parādās nervu sistēmas traucējumi, kas izpaužas kā roku un galvas trīce. Ilgstoša kadmija (Cd) iedarbība izraisa plaušu emfizēmu un nieru darbības traucējumus ar olbaltumvielu parādīšanos urīnā. Emfizēmu parasti izraisa liela metāla koncentrācija, nieru traucējumus – zemas koncentrācijas ilgstoša iedarbība.

Sen zināms, ka, ieelpojot mangānu (Mn), rodas centrālās nervu sistēmas (CNS) traucējumi, kas līdzīgi Parkinsona slimībai. Tiek uzskatīts, ka, ieelpojot mangānu (Mn), palielinās augšējo elpošanas ceļu jutība pret dažādām infekcijām.

Strādnieki, kuri strādā ar svina (Pb) un vara (Cu) kausējumiem, ir pakļauti arsēna (As) neorganisko savienojumu iedarbībai, kas izraisa plaušu tuberkulozi, dermatītus, plaukstu un kāju pēdu hiperkeratozi, kā arī ādas vēzi.

Vislabāk ir izpētīta arsēna (As), kadmija (Cd), svina (Pb) un dzīvsudraba (Hg) iedarbība. Taču svarīga ir arī citu metālu iedarbība. Antimona (Sb) un kobalta (Co) iedarbība izraisa sirds asinsvadu sistēmas traucējums, alva (Sn) skar centrālo nervu sistēmu, molibdēns (Mo) izraisa podagrai līdzīgus simptomus. Pneimokoniozes dažādās formas izraisa alumīnijs (Al), antimons (Sb), berilijs (Be), kobalts (Co), dzelzs (Fe), alva (Sn) un volframs (W). Dažas no šīm pneimokoniozēm, piemēram, sideroze (no dzelzs), uzskatāmas par mazbīstamām, bet beriloze ir bīstama un progresējoša forma.

Pēdējā laikā arvien lielāku vērību pievērš kancerogēniem un teratogēniem efektiem, kurus izraisa hroma (Cr), niķeļa (Ni), un arsēna (As) savienojumi. Zināmos apstākļos kadmijijs (Cd), berilijs (Be) un dzelzs (Fe) palielina risku saslimt ar vēzi. Saindēšanās ar metildzīvsudrabu rada sarežģījumus pirmsdzemdību periodā.

<b>Dzīvsudrabs (Hg)</b>	
Atommasa	200,59
$t_{kušanas}$	38,87 °C
$t_{viršanas}$	357 °C

Iztvaiko istabas temperatūrā. Sudrabbalts, spīdīgs, šķidrns metāls, ūdenī nešķīst. Dzīvsudrabam ir maza elektrovadītspēja, tas ir izturīgs pret gaisa iedarbību, nereaģē ar atšķaidītām skābēm, lēni šķīst slāpekļskābē. Dzīvsudrabs reaģē tikai ar skābēm oksidētājām.

Metālisko dzīvsudrabu lieto precīzos mēraparātos, barometros, termostatos; ķīmiskajā rūpniecībā; kā katalizatoru spoguļu izgatavošanā; kā sakausējumu (amalgamas) ar varu, alvu, zeltu, sudrabu ražošanā; neorganiskos dzīvsudraba savienojumus izmanto kā herbicīdus, fungicīdus, insekticīdus; kokmateriālu konservantus; kažokādu apstrādē u. c..

Organiskos dzīvsudraba savienojumus lieto papīrrūpniecībā, antiseptisko produktu ražošanā. Metildzīvsudrabu un dimetildzīvsudrabu lieto ļoti plaši. Sudraba un zelta sakausējumus izmanto zobārstniecībā kā zobu plombu materiālu.

**Bīstamība.** Ražošanas apstākļos metāliskā dzīvsudraba pilieniņi var nokļūt uz galdiem, grīdas, sienu spraugās un iztvaikojot izraisīt saindēšanos. Visbiežāk šķīstoša dzīvsudraba savienojumi var iesūkties caur gremošanas orgāniem, retāk caur ādu. Dzīvsudrabs ir ļoti indīgs. Saindēšanās gadījumā rodas izmaiņas cilvēka centrālajā nervu sistēmā, kuņģi un zarnu traktā un vielmaiņas procesos, rodas kustības nervu bojājumi. Dzīvsudrabs un tā savienojumi rada nervu un nieru bojājumus.

Viegla akūta saindēšanās izpaužas kā vispārējs nespēks, galvassāpes, apetītes zudums, svišana, tahikardija. Smaga akūta saindēšanās – nogurums, smaguma sajūta krūtīs, temperatūra līdz 40 °C, stipras galvassāpes, slikta dūša, vemšana. Hroniska saindēšanās izpaužas kā nogurums, galvassāpes, sāpes sirdī un locītavās, roku un kāju tirpšana, apgrūtināta koncentrēšanās, slikta atmiņa, paaugstināts asinsspiediens, traucējumi kuņģa un zarnu trakta darbībā, smaganu asiņošana.

**Aizsardzība.** Tehnoloģiskajai aparatūrai jābūt pilnībā hermetizētai un jālieto darba mehanizācija. Obligāti jāierīko ventilācija. Grīda un sienas jāpārklāj ar dzīvsudrabu necaurlaidīgu materiālu. Gaisa temperatūrai telpā jābūt 16–18 °C. Jāveic regulāra telpu apkope ar 20 % dzelzs hlorīdu vai kālija permanganātu. Darba vietās, kur izmanto dzīvsudrabu, jābūt brīdinājuma zīmēm. Strādājošajiem jāizmanto specapgērbis, individuālie aizsardzības līdzekļi, respirators, kas regulāri jātīra un jānomaina. Regulāri jāinstruē strādājošie. Jāorganizē specapgērbu tīrīšana un jānodrošina regulāra medicīniskā pārbaude.

Hroms (Cr)	
Atommasa	51,99
Blīvums	7,19 g/cm <sup>3</sup>
$t_{kušanas}$	1993 °C
$t_{viršanas}$	2480 °C

Hroms ir izturīgs pret ūdens un gaisa iedarbību. Deg tikai skābekļa plūsmā. Dabā plaši izplatīts kopā ar dzelzi FeO • Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Bioloģiskajos materiālos hroms parasti ir trīsvērtīgs.

Hromu un tā savienojumus lieto ķīmiskajā, poligrāfiskajā, ādu, tekstila, sērkokociņu, keramikas, laku, krāsu un citās rūpniecības nozarēs. Hroms tiek lietots tērauda hromēšanā, hroma un niķeļa elektrodu izgatavošanā un cementa ražošanā.

Hroma iedarbība uz cilvēka organismu ir atkarīga no tā vērtības. Divvērtīgais hroms ir nepastāvīgs un pārvēršas par trīsvērtīgo hromu. Četrvērtīgais un piecvērtīgais hroms ir nestabili produkti ķīmiskajā rūpniecībā. Negatīva ietekme piemīt trīsvērtīgajam un sešvērtīgajam hromam. Cr<sup>+3</sup> vāji iesūcas caur ādu, bet Cr<sup>+6</sup> labi. Cr<sup>+3</sup> nespēj nokļūt šūnās caur membrānām, bet Cr<sup>+6</sup> viegli iet tām cauri. Tātad Cr<sup>+6</sup> ir bīstamāks.

Hroma savienojumi kairina ādu, kodīgi iedarbojas uz to, izraisot brūces un iekaisumus, dermatītus un ekzēmas, dziļas čūlas.

Akūta saindēšanās izpaužas kā reiboņi, sāpes vēderā, caureja ar asinīm, attīstās nieru un aknu pārmaiņas. Ilgstoša hroma ieelpošana izraisa deguna asiņošanu, gļotādas sausumu, deguna starpsienu perforāciju. Hroniskai hroma iedarbībai raksturīgas galvassāpes, nespēks, novājēšana, hronisks bronhīts, astma, pneimokleroze, zarnu čūlas, pārmaiņas nierēs, elpošanas orgānu vēzis.

Preventīvie pasākumi.

1. Jābūt vietējai un vispārējai ventilācijai.
2. Jāizmanto individuālie aizsardzības līdzekļi (respirators, gāzmaska).
3. Jāorganizē strādājošo medicīniskās apskates.
4. Jālieto deguna gļotādas un roku ādas aizsardzības krēmi.

#### Kadmijijs (Cd)

Atommasa	112,4
$t_{kušanas}$	321,4 °C
$t_{viršanas}$	765 °C

Kadmijijs un tā savienojumi ir toksiski. Parasti tos iegūst kā blakusproduktu no cinka, vara un svina rūdas. Kadmiju un tā oksīdu izmanto pretkorozijas pārklājumos. Kadmija sulfīdus plaši lieto dzeltenās krāsas, krāsainā stikla, keramikas, plastmasas, gumijas un tekstila izgatavošanā. Cilvēka organismam kadmijijs nav nepieciešams. Tam piemīt kumulatīva iedarbība, no organisma izdalās ļoti lēni. Akūta saindēšanās ieelpojot notiek reti, biežāk caur kuņģi un zarnu traktu. Kadmijijs var būt pārtikas produktos, putekļos, ja cilvēki neievēro darba drošības noteikumus. Letāla deva ir 300 mg kadmija. Viegla saindēšanās pazīmes pāriet divu dienu laikā. Hroniska saindēšanās attīstās pakāpeniski; ilgstoši strādājot ar kadmiju un tā savienojumiem, notiek izmaiņas degunā un mutes dobumā, cieš nieres un plaušas. Rodas traucējumi fosfora un kalcija apmaiņā kaulos, kas izpaužas kā sāpes mugurkaulā un kājās jeb osteoporoze. Kadmija savienojumi ir kancerogēni.

Preventīvie pasākumi.

1. Jāsamazina kontakti ar kadmiju un tā savienojumiem, optimāli organizējot tehnoloģisko procesu.
2. Obligātas strādājošo veselības pārbaudes.
3. Obligāti jālieto individuālie aizsardzības līdzekļi (specapģērbs, respirators, roku mazgāšana u. c.).

#### Niķelis (Ni)

Atommasa	58,7
Blīvums	8,9 g/cm <sup>3</sup>
$t_{kušanas}$	1453 °C
$t_{viršanas}$	1732 °C

Ūdenī nešķīst, labi šķīst atšķaidītā slāpekļskābē.

Niķelis izplatīts dabā kā niķeļa rūda. Tas ir daudzos dārzeņos, graudos, tējā, kakao, tabakā.



Niķeli lieto, lai palielinātu tērauda mehānisko izturību. Tas samazina metālu sa-  
kausējumu mehānisko nodilumu un koroziju. Niķeļa savienojumus izmanto kā ka-  
talizatorus un pigmentus.

Ražošanas apstākļos niķeļa savienojumi iedarbojas uz ādu un gļotādu. Akūta sa-  
indēšanās iespējama tikai ar ļoti gaistošo niķeļa karbonītu  $[\text{Ni}(\text{CO})_4]$ . Attīstās izmai-  
ņas plaušās un parādās vispārējas saindēšanās pazīmes. Cietušais noteikti jāievieto  
slimnīcā.

Hroniska iedarbība ir alerģiska un kancerogēna.

Preventīvie pasākumi.

1. Tehnoloģiskie procesi jāorganizē tā, lai samazinātu strādājošo saskari ar ni-  
ķeli un tā savienojumiem.
2. Obligātas strādājošo veselības pārbaudes.

Svins (Pb)	
Atommasa	207,21
Blīvums	11,34 g/cm <sup>3</sup>
$t_{\text{kušanas}}$	327 °C
$t_{\text{iztvaikošanas}}$	500 °C līdz 600 °C

Zilganbalts, miksts, spīdīgs metāls, gaisā oksidējas, ūdenī nešķīst. Svins ir krā-  
sainais metāls. Plaši tiek izmantoti svina neorganiskie savienojumi: oksīdi, hromāti,  
azīdi.

Svina (II) oksīds tiek izmantots akumulatoru izgatavošanā. Svina loksnes aiz-  
sargā no vibrācijām un trokšņa. To izmanto cisternu, kabeļu, cauruļu un konservu  
kārbu izgatavošanai, galvanizācijā. Svina hromātus lieto kā krāsas. Neorganiskos un  
organiskos svina savienojumus izmanto kā plastmasas stabilizatorus. Svina oksīdus  
un silikātus keramikas rūpniecībā izmanto kā glazūras, stikla ražošanā, elektronikā.  
Svina organiskos savienojumus izmanto benzīna antidetonatoros.

Svina iedarbība uz cilvēku. Cilvēka organismā tas nonāk ar produktiem un dze-  
ramo ūdeni. Profesionāla saindēšanās bieži notiek, veicot metāla griešanu ar gāzi,  
elektrometināšanu un citus metālapstrādes darbus. Svins akumulējas augsnē un au-  
gos šoseju tuvumā.

Svins ir inde. Pārmaiņas nervu sistēmā ir tiešā svina iedarbība. Raksturīgi arī  
asinsvadu bojājumi, var iestāties paralīze. Saindējoties ar svinu raksturīgi zarnu  
funkciju traucējumi, cieš arī nieres, aknas, rodas asinsvadu bojājumi ar asins izplū-  
dumiem.

Iedarbība uz cilvēka organismu ļoti plaši aprakstīta M. Eglītes grāmatā “Darba  
medicīna”.

Preventīvie pasākumi.

1. Lai mazinātu iespēju saindēties ar svinu, jāorganizē efektīva ventilācija un  
jānodrošina optimāli tehnoloģiskie procesi. Obligāti jālieto specapgērbs, in-  
dividūālie aizsardzības līdzekļi (gāzmaska, respirators u. c.), jānodrošina ie-  
priekšējās un periodiskās veselības pārbaudes.

- Ar svina savienojumu šķīdumiem, etilēto benzīnu un metilbenzīnu aizliegts strādāt sievietēm grūtniecības un bērnu kopšanas laikā un pusaudžiem.

Kobalts (Co)	
Atommasa	58,9
Blīvums	8,9 g/cm <sup>3</sup>
$t_{kušanas}$	1459 °C
$t_{iztvaikošanas}$	2900 °C

Nešķīst ūdenī. Ciets, grūti kūstošs sudrabpelēks metāls ar magnētiskām īpašībām. Kobalts ir rets metāls.

Kobaltu izmanto metalurģijā, izgatavojot cietus tērauda sakausējumus. Ražošanā parasti izmanto kobalta oksīdu, kā arī hlorīdu, sulfātu, nitrātu, fosfātu un karbonātu. Sakausējumi ar kobaltu neoksidējas, iztur augstu temperatūru. Tos lieto automobiļu, lidmašīnu un elektroiekārtu ražošanā. Sakausējumu hroms, kobalts un molibdens izmanto ortopēdiskajā ķirurģijā.

Kobalts ir bioelements un piedalās vielmaiņas regulēšanā un asinsrades stimulēšanā. Hroniska saindēšanās ar kobaltu notiek reti. Slimnieki sūdzas par sliktu dūšu, klepu, ēstgribas zudumu. Var būt traucējumi kuņģa un zarnu trakta darbībā, pārmaiņas aknās, nierēs, miokardā.

Ādas saskarsme ar kobaltu un tā savienojumiem var izraisīt alerģiju, ekzēmu un čūlas. Šāda iedarbība raksturīga celtniekiem, kas strādā ar kobaltu saturošu cementu. Metalurģiem arī mēdz būt šāda patoloģija. Kobalts un tā savienojumi ir kancerogēni, sarkoma var attīstīties blakus kobaltu saturošajiem implantiem.

Preventīvie pasākumi.

- Jābūt vispārējai un vietējai ventilācijai. Plaši jālieto mehanizācija.
- Obligātas strādājošo regulāras veselības pārbaudes.
- Darba dienas beigās obligāti jānodrošina duša.
- Jālieto specapģērbs un individuālie aizsardzības līdzekļi (gāzmaska, respirators, aizsargbrilles un cimdi).

### 2.1.3. Apkārtējās vides iedarbība

Apkārtējā vidē esošie metāli cilvēka organismā visbiežāk nonāk ar barības vielām – augiem, zivīm, gaļu. Piemēram, ja zivis satur metildzīvsudrabu, tas uzkrājas cilvēka smadzenēs, izraisot neatgriezeniskas izmaiņas centrālajā nervu sistēmā, kas izpaužas kā atoksija, parastēzes un redzes lauka sašaurināšanās. (Parestēzija ir viens no biežākajiem kompresijas neiropatijas simptomiem. Tas parasti lokalizējas bojātā nerva inervācijas zonā. Sāpes var būt asas, trulas, velkošas, plosošas vai dedzinošas. Slimībai progresējot, parastēzes kļūst pastāvīgas, vēlās stadijās sākas nervu šķiedru deģenerācija, tā var samazināties vai izzust.)

Mātes, kas cietušas no dzīvsudraba (Hg) iedarbības, ir dzemdējušas bērnus ar smadzeņu darbības traucējumiem, kas līdzīgi paralīzei. Irākā tika novērota saindēšanās ar graudiem, kas apstrādāti ar metildzīvsudrabu, hospitalizēti ap 6000 cilvēku,

no kuriem apmēram 500 nomira.

Visā pasaulē novērota bērnu saindēšanās ar svīnu (Pb). Bērnu veselību ietekmē barībā, gaisā, putekļos un krāsvielās esošais svīns. Saindēšanās izpaužas kā apetītes zudums.

Āzijā, Dienvid- un Ziemeļamerikā nopietnas problēmas sagādā arsēns dzeramajā ūdenī. Jau 0,1 μg/l arsēna (As) dzeramajā ūdenī izraisa asinsvadu izmaiņas, hiperpigmentāciju, keratozi un ādas vēzi.

## 2.2. Sārnu metālu un to savienojumu iedarbība

Pirmās grupas elementi: litijs (Li), nātrijs (Na), kalcījs (Ca), cēzijs (Cs) un francijs (Fr) veido karbonātus un hidroksīdus ar izteikti sārmainām īpašībām. Visi šīs grupas metāli ir mīksti, viegli kūstoši un īpaši reakcijas spējīgi. Vissmagākais no tiem ir francijs (Fr), kas pastāv tikai radioaktīvā formā, brīvā veidā zemes virskārtā atrodams mazos daudzumos. Fizikāli ķīmisko īpašību dēļ I grupas metālus plaši izmanto ķīmiskajā rūpniecībā.

Vissvarīgākais no sārnu metāliem ir nātrijs (Na), tāpēc tas izmantots kā piemērs, lai novērtētu šīs grupas metālu bīstamo iedarbību.

Nātrijs (Na)	
Atommasa	23
Blīvums	0,97 g/cm <sup>3</sup>
$t_{\text{kūšanas}}$	97,8 °C
$t_{\text{viršanas}}$	892 °C
$t_{\text{uzliesmošanas}}$	>115 °C

Sausā gaisā viegls, mīksts, kaļams sudrabbalts metāls.

Dabā hlorīda veidā lielā daudzumā atrodams jūras ūdenī vai akmens sāls iegulu veidās. Čīlē un Peru atrodamas nātrija nitrāta (NaNO<sub>3</sub>) iegulas. Izsusējušu ezeru gultnēs atrodams nātrija karbonāts, sulfāts, borāts. Metālisku nātriju iegūst, elektrolizējot izkausētu nātrija hlorīda un kalcija hlorīda maisījumu vai nātrija hidroksīdu (NaOH). Nātriju izmanto tetraetilsvina un mazgāšanas līdzekļu ražošanā un kā spēcīgu reducētāju organisko savienojumu sintēzē. Nātriju izmanto arī kā reaģentu piemaisījumu attīrītāju un sakausējumu sastāvdaļu metalurģijā, kā siltumnesēju kodolreaktoros. Metālisku nātriju izmanto nātrija cianīda un peroksīda iegūšanai.

### 2.2.1. Bīstamība un tās novēršana

Šī metāla aktīvā reaģēšanas spēja var radīt aizdegšanās un sprādziena bīstamību, kā arī nodarīt tiešu kaitējumu organismam. Nātrijs viegli oksidējas cietā un tvaika stāvoklī, gaisā temperatūrā virs 115 °C notiek paš aizdegšanās. Aktīvi reaģē ar daudziem parastiem šķīdinātājiem, piemēram, ar bezūdens spirtiem. Reakcija ar ūdeni notiek ļoti strauji ar siltuma izdalīšanos, šī reakcija ir arī sprādzienbīstama, jo izdalās ūdeņradis. Metāliskais nātrijs ir transportējams tikai hermētiski slēgtā tarā, slāpekļa

atmosfērā vai petrolejā. Nav pieļaujama saskare ar mitrumu un ūdeni, kā arī ar gaisu paaugstinātā temperatūrā. *Aizdeģšanās gadījumā nekādā ziņā dzēšanai nedrīkst izmantot ūdeni*, jādzēš ar smiltīm vai sausu grafitu, lai pēc iespējas ātrāk novērstu gaisa piekļuvi.

Organismam ir bīstama nātrija oksīda un hidroksīda kodīgā iedarbība. Tā, piemēram, nātrija oksīds, kas rodas degot nātrijam, vai nātrija tvaiki kairina elpošanas ceļus. Jebkurš nātrija kontakts ar mitru ādu izraisa stiprus apdegumus.

Rūpniecībā, strādājot ar nātriju, darbiniekiem jālieto individuālie aizsardzības līdzekļi, piemēram, aizsargbrilles, gāzmaska, cimdi, hidrofobās aizsargziedes.

Nātrija peroksīds jeb nātrija dioksīds (Na <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	
Molekulmasa	78
Blīvums	2,8 g/cm <sup>3</sup>
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	460 °C (sadalās)

Balts pulveris, gaisa ietekmē dzeltē. Šķīst karstā ūdenī un atšķaidītās skābēs.

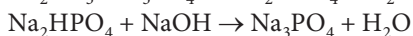
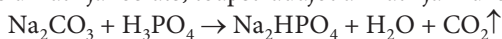
Nātrija dioksīdu iegūst, oksidējot nātriju ar sausu gaisu 300 °C temperatūrā bez oglekļa dioksīda klātbūtnes. Izmanto kā oksidētāju un balinošu vielu.

Nātrija dioksīds ir ļoti kodīgs, tā putekļus viegli pārnēsā gaiss, tādēļ noteikti jālieto aizsardzības līdzekļi.

Nātrija dioksīdu uzglabā hermētiskā tarā, darbā izmanto slēgtas iekārtas.

Trinātrija fosfāts (Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> • 2H <sub>2</sub> O)	
Molekulmasa	380
Blīvums	1,62 g/cm <sup>3</sup>
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	73,3–76,7 °C (sadalās)

Bezkrāsaini kristāli, šķīst ūdenī. Fosforskābi neutralizē ar nātrija karbonātu, rodas dinātrija fosfāts, toapstrādājot ar nātrija hidroksīdu, iegūst trinātrija fosfātu.



Savienojumu izmanto:

- mazgāšanas līdzekļu ražošanā;
- fotogrāfiju attīstītājos;
- ūdens mīkstināšanai;
- ādu mīcēšanai;
- papīra ražošanā;
- kā pārtikas piedevu.

Nātrija fosfāts ir mēreni stiprs sārms.

Nātrija silikāti [Na<sub>2</sub>O • nSiO<sub>2</sub> (n = 3–5)] ir biezi, sīrupveida šķīdumi. Silikātus ar dažādām formulām un dažādu kristalizācijas ūdens saturu iegūst, sakausējot smiltis ar nātrija karbonātu. Silikāti veido sārmainus šķīdumus ar Ph 11–12.

Silikātus izmanto kā:

- cementētājus;

- ūdens mīkstinātājus;
- mazgāšanas līdzekļus;
- ugunsizturīgus materiālus;
- adhezīvus;
- krāsu fiksatorus;
- sulu atkrāsotājus.

Silikātiem ir nenozīmīga toksiska iedarbība.

**Nātrija hidrosulfīts (NaHSO<sub>3</sub>)**

Molekulmasa	104
Blīvums	1,48 g/cm <sup>3</sup>

Balts kristālisks pulveris ar vāju sēra dioksīda smaku. Labi šķīst ūdenī. Tirdzniecībā nopērkamais bisulfīts sastāv no nātrija bisulfīta, jo hidrosulfīts gaisā viegli oksidējas par sulfātu.

Nātrija hidrosulfītu izmanto:

- krāsvielu ražošanā;
- rūgšanas procesos;
- papīrrūpniecībā;
- ādu mīcēšanā.

Nātrija bisulfīts nedaudz kairina acu un augšējo elpošanas ceļu gļotādu.

**Nātrija metabisulfīts (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)**

Molekulmasa	190
Blīvums	1,4 g/cm <sup>3</sup>
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	150 °C (sadalās)

Balts kristālisks pulveris ar sēra dioksīda smaku, ļoti labi šķīst ūdenī.

Izmanto tāpat kā nātrija bisulfātu, no kura atšķiras ar skābi sārmainām īpašībām, vāji kairinošs.

**Kālijs (K)**

Atommasa	39
Blīvums	0,86 g/cm <sup>3</sup>
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	63,6 °C
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	774 °C

Mīksts, sudrabains, kaļams metāls, šķīst nātrijā, dzīvsudrabā un sašķidrinātā amonjakā. Kālijs atrodams augu pelnos, dabīgās sāļu iegulās, lauku špatā. Metālisku kāliju iegūst, elektrolizējot izkausētu kālija hlorīdu vai to termiski reducējot nātrija klātbūtnē.

Kāliju nedaudz izmanto ķīmiskajā rūpniecībā kā siltumnesēju (kālija nātrija sakausējuma veidā) kodolreaktoros un termometros, kas paredzēti augstu temperatūru mērīšanai, jo sakausējums istabas temperatūrā ir šķidr. Kālijam ir vēl aktīvāka

reaģēšanas spēja nekā nātrijam. Piesardzības pasākumi, strādājot ar kāliju, tādi paši kā darbā ar nātriju.

Kālija hlorīds (KCl)	
Molekulmasa	74,5
Blīvums	1,99 g/cm <sup>3</sup>
$t_{\text{kušanas}}$	773 °C

Balts kristālisks pulveris, šķīst ūdenī un nedaudz spirtā.

Kālija hlorīdu iegūst no minerāla silvina; izmanto elektrolīzē un fotogrāfijā.

Ielpojot kālija hlorīdu (šārtās vai citās ražotnēs), tiek traumēta deguna dobuma šķērssiens, ir novērots vispārējs organisma vājums. Lielas kālija koncentrācijas uzkrāšanās organismā var izraisīt sirds nepietiekamību.

Cēzijs (Cs)	
Atommasa	132
Blīvums	1,87 g/cm <sup>3</sup>
$t_{\text{kušanas}}$	2,85 °C
$t_{\text{viršanas}}$	670 °C

<sup>137</sup><sub>55</sub>Cs ir β un γ staru izstarotājs. Cēzijs dabā ir plaši izplatīts, taču visās at-radnēs tas sastopams mazā koncentrācijā. Galvenais ieguves avots ir pollucīts (Cs<sub>2</sub>O • Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> • 4SiO<sub>2</sub>).

Cēziju izmanto vakuumlampās gāzes aizvadišanai un kā siltumnesēju kompak-tās kosmiskās enerģētiskās iekārtās un termojonu konvertoros, lai siltumenerģiju tieši pārvērstu elektroenerģijā. <sup>137</sup>Cs izmanto γ defektoskopos. Pateicoties tā lielajam pussabrukšanas periodam (33 gadi), tas var pārvērsties <sup>80</sup>Cs.

Cēzijs ir toksiskāks par nātriju, bīstamības izpausmes tādas pašas kā nātrijam.

Litījs (Li)	
Atommasa	7
Blīvums	0,53 g/cm <sup>3</sup>
$t_{\text{kušanas}}$	179 °C
$t_{\text{viršanas}}$	1137 °C

Sudrabbalts metāls, gaisā ātri zaudē spožumu.

Litījs ir viegls metāls ar vismazāko siltumietilpību un cietākais no visiem sārnu metāliem (gandrīz tikpat ciets kā svins). Litījs ievērojami atšķiras no citiem I grupas elementiem, un daudzas tā īpašības ir līdzīgas sārmezemju metālu īpašībām. Dabā litījs ir plaši izplatīts.

Litiju plaši izmanto metalurģijā kā degazatoru un sulfatoru. Tas darbojas kā svina sakausējumu leģējoša piedeva un uzlabo krāsaino metālu graudainību. Litiju izman-to atomenerģētikā un kā katalizatoru (piemēram, A vitamīna sintēzē).

Litijam ir mērena ugunsbīstamība, tas lēni deg gaisā 200 °C temperatūrā un sa-

mērā lēni reaģē ar ūdeni, izdalot ūdeņradi. Līdz ar to litijs ir mazāk bīstams nekā citi sārmu metāli. Ierobežotā tilpumā ūdens klātbūtnē strauji pieaug ūdeņraža koncentrācija un var veidoties sprāgstošs maisījums. Uguns dzēšanai izmanto tos pašus līdzekļus, ko lieto nātrijam. Litijam ir kaitīga iedarbība uz nierēm. Metinot vai lodējot litiju saturošus metālus, jānodrošina laba ventilācija. Putekļu izdalīšanās gadījumā jānodrošina iekārtu hermetizācija.

Litija hidrīds (LiH)	
Molekulmasa	8
Blīvums	0,82 g/cm <sup>3</sup>
$t_{kušanas}$	680 °C (virs 500 °C sadalās)

Balta, cieta, kristāliska viela, šķīst dietilēterī, sadalās ūdenī, ir ar sārmainām un reducējošām īpašībām. Tirdzniecībā nopērkamais reaģents ir zilganpelēkā krāsā. Izmanto galvenokārt kā ūdeņraža avotu un kā aizsarglīdzekli pret apstarojumu. Litija hidrīds ir pirofors, tādēļ jāsaņem no kontakta ar gaisu. Viegli hidrolizējas par hidroksīdu.

Litija hidrīdu ieelpojot, rodas kairinājums, deguna dobuma šķērssienu čūlas, bronhīts, pie atkārtotas iedarbības – plaušu emfizēma; skar nervu sistēmu, izraisot slikto dūšu, muskuļu raustīšanos, trīci, psihiskus traucējumus un komu.

Citi litija savienojumi:

- butillitijs; plaši izmanto kā katalizatoru polibutadiēnkaučuka un poliizoprēna kaučuka sintēzē;
- litija citrātu un karbonātu izmanto medicīnā; karbonātu (Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) arī keramikas glazūrās;
- litija fluorīds ir pats kaitīgākais litija savienojums – to izmanto kā kušņus;
- litija hipohlorīdu izmanto kā kodinātāju un dezinfekcijas līdzekli;
- litija stearātu izmanto kā automašīnu ziežvielu, īpaši ekstremālās temperatūrās.

### 2.2.2. Citi I grupas metāli

I grupā ir arī tādi bieži izmantojami krāsainie metāli kā varš (Cu), sudrabs (Ag) un zelts (Au).

Varš (Cu)	
Atommasa	64
Blīvums	8,92 g/cm <sup>3</sup>
$t_{kušanas}$	1083 °C
$t_{viršanas}$	2567 °C

Sarkanbrūns mīksts metāls, viegli pulējams līdz spīdumam, labi kaļams, ar augstu siltum- un elektrovadītspēju. Dabā sastopams galvenokārt minerālu veidā; sastopamas arī dabīgas tīra metāliska vara iegulas. Varš ir izplatīts visos kontinentos un

sastopams gandrīz visos dzīvos organismos. Parasti varu iegūst dažādu rūdu veidā:

- sulfīdu rūdas: kovelīns (CuS), halkocīts (Cu<sub>2</sub>S), halkopirīts ((CuFeS<sub>2</sub>), bornīts (Cu<sub>3</sub>FeS<sub>3</sub>);
- oksīdu rūdas: malahīts (Cu<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>(OH)<sub>2</sub>), hrizonols (CuSiO<sub>3</sub> • 2H<sub>2</sub>O), halkantīts (CuSO<sub>4</sub> • 5H<sub>2</sub>O).

Varu izmanto galvenokārt elektrotehnikā, ūdensvada cauruļu, jumtu seguma skārda, virtuves trauku, ķīmisko un farmaceitisko iekārtu ražošanā un metalurģijā dažādos sakausējumos. Metālisku varu izmanto kā daudzu ķīmisko reakciju katalizatoru.

Vara sakausējumus plaši izmanto: misiņš (ar cinku), bronza (ar alvu), monels (ar niķeli), kā arī sakausējumi ar alumīniju, svinu, zeltu, kadmiju, hromu, beriliju, silīciju un fosforu. Vara savienojumus izmanto ar varu nabadzīgās ganībās dzīvnieku piebarošanai, kā līdzekli cīņā pret moluskiem ("neapaugošas" kuģu krāsas), kā kodni galvanikā; lauksaimniecībā ("Bordo šķīdums") kā pretvēģu preparātu un dzīvnieku augšanas stimulatoru. Vara hromātus izmanto kā pigmentus, katalizatorus un fungicīdus.

**Bīstamība.** Vara (II) hromāta, vara (II) ditionāta, vara (II) azīda un vara karbīda kompleksi ar amīniem ir sprāgstvielas, kaut gan tās praktiski neizmanto un tās nav veselībai kaitīgas.

Nonākot acī, metāliskā vara daļiņas var radīt iekaisumu, pat iespējams zaudēt redzi. Strādnieki, kas izsmidzina Bordo šķīdumu (piemēram, vīnogu laukos), cieš no plaušu sasilšanas un aknu granulēšanās.

Šķīstošie vara sāļi kaitīgi tikai lielā koncentrācijā. Izraisa sliktu dūšu, vemšanu, caureju, svīšanu, dažreiz arī krampjus, komas gadījumā var iestāties nāve. Lietojot sulas, īpaši skābās, no aparātiem, kuros izmantotas vara caurules, baloni vai lodējumi, var rasties barības vada, kuņģa un zarnu iekaisums. Skābie dzērieni (sulas) šķīdina varu un tādējādi tas nonāk organismā, izraisot iepriekš minētās parādības. Dažkārt, ārstējot apdegumus ar vara sāļiem, asins serumā konstatēta samērā liela vara koncentrācija, kas var izraisīt saindēšanos.

Ieelpojot vara sāļu putekļus, dūmus vai miglu, tiek kairinātas gļotādas, rodas deguna dobuma šķērssienu čūlas un to plīsumi. Metāliskā vara dūmi var izraisīt sliktu dūšu, sāpes kuņģī un caureju.

Hroniska saindēšanās ar varu novērojama ļoti reti. Cilvēka uztura dienas deva satur apmēram 2 mg līdz 5 mg vara. Šis vara daudzums gandrīz neuzkrājas organismā. Ir zināms, ka pieauguša cilvēka organismā vara daudzums ir konstants lielums: aptuveni 100 mg līdz 150 mg. Novērojot cilvēkus, kuri uzturā patērē ar varu bagātus produktus (moluskus, dzīvnieku aknas, riekstus, sēnes, šokolādi) un kalnrūpniecības darbiniekus, kas vairāk nekā 20 gadus nostrādājuši vara putekļus saturošā vidē, nav konstatētas funkcionālas izmaiņas šo cilvēku aknās, nierēs, kaulos vai centrālajā nervu sistēmā. Nav bīstama arī nejauša šķīstošo vara sāļu norīšana; izraisot vemšanu, diezgan viegli var novērst bīstamās sekas.

Jāuzsver, ka zemes iedzīvotājiem ir zināma imunitāte pret saindēšanos ar varu.

Sudrabs un zelts (cēlmetāli) patoloģijas neizraisa.



## 2.3. Toksiskie II grupas elementi (Be, Mg, Ca, Sr)

### Berilijs un tā savienojumi

Berilijs (Be)	
Atommasa	9
Blīvums	1,85 g/cm <sup>3</sup>
$t_{\text{kušanas}}$	1278±5 °C
$t_{\text{viršanas}}$	2970 °C

Sudrabbalts, viegls, korozijas izturīgs metāls.

Berilija ieguves izejviela ir minerāls berils ( $3\text{BeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ ), kas satur apmēram 13 % berilija.

Beriliju plaši izmanto metalurģijā. Tas ir leģētā tērauda, niķeļa, magnija, cinka un alumīnija sakausējumu sastāvā. Sevišķi plaši tiek izmantoti vara un berilija sakausējumi, kuriem ir liela izturība stiepē un tie labi padodas rūdīšanai. Berilija bronzu izmanto nedzirkstelojošu instrumentu izgatavošanai, elektrisko slēdžu, pulksteņu atsperu, elektromotoru kontaktu un blīvju izgatavošanai. Daudz beriliju izmanto atomtehnikā gan kā neitronu palēninātāju kodolreaktorā, gan kā neitronu atstarotāju reaktora aktīvajā zonā. Berilija foliju izmanto logu ierīkošanai reaktora caurulēs. Tādas berilija īpašības kā maza masa, elastība, stiepjāmība un siltumizturība paver plašas iespējas tā izmantošanai aviācijā un kosmiskajā rūpniecībā.

Berilija oksīdu ( $\text{BeO}$ ) – amorfu baltu pulveri ar  $t_{\text{kušanas}} = 2530$  °C – izmanto keramikas un ugunsizturīgu materiālu ražošanā. Berilija nitrātu ( $\text{Be}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) izmanto kā reaģentu tērauda berilizācijai gāzes fāzē. Berilija nitrīdu ( $\text{Be}_3\text{N}_2$ ) izmanto kodolreakcijās (piemēram, iegūstot oglekļa radioaktīvo izotopu <sup>14</sup>C. Berilija hidrat-sulfātu ( $\text{BeSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) lieto metāliskā berilija iegūšanai.

Berilija pārstrādes procesi ir sarežģīti, jo tas ir ugunsnedrošs un toksisks, metāliskā berilija smalkais pulveris labi deg. Jo smalkākas ir berilija daļiņas, jo vieglāk notiek aizdegšanās. Berilijs un tā savienojumi ir ļoti toksiskas vielas. Nokļūstot organismā, berilijs skar ne tikai plaušas, bet gan visu organismu, līdzīgi kā tas ir ar svinu. Organismā berilijs nonāk galvenokārt caur elpošanas ceļiem. Nonākot saskarē ar ādu, berilijs rada vietējus bojājumus. Caur veselu ādu berilijs organismā nemonāk. Berilija skābie sāļi rada alerģisku kontakta dermatītu, ko pastiprina nieze un izsitumi. Dermatīta inkubācijas periods ir apmēram divas nedēļas. Nonākot zem ādas vai uz bojātas ādas, veidojas sastrutojumi, kas ir ļoti ilgstoši. Acu konjunktivīti noris ar smagu uztūkumu.

Lielas berilija un tā sāļu koncentrācijas gadījumā tiek kairināta traheja un bronhi, parādās sauss klepus, elpas trūkums, sāpes aiz krūšu kaula. Šo pazīmju parādīšanās ir atkarīga no berilija iedarbības ilguma un intensitātes. Beidzoties kaitīgo faktoru iedarbībai, atveseļošanās iespējama pēc 1–6 nedēļām.

Hroniskā beriloze ir intoksikācija, kas rodas pie jebkura berilija savienojuma ie-

elpošanas. Hroniskas saindēšanās gadījumā tiek skarti elpošanas ceļi, sākumā sajūtam vājums, ātra nogurdināmība, svara zudums. Pēc ilgāka laika slimnieki sūdzas par sāpēm locītavās, novēroti nierakmeņi, plaušu un sirds nepietiekamība un aknu darbības traucējumi. Ar laiku attīstās plaušu emfizēma.

Darba drošības nodrošināšanai jāveic pasākumi, kas novērš gan ugunsbīstamību, gan arī toksisko iedarbību. Strādājot ar beriliju, nedrīkst lietot dzirksteļojošus instrumentus, jānovērš berilija saskare ar gaisu. *Degošu beriliju nedrīkst dzēst ar ūdeni*, jālieto putas radoši dzēšanas līdzekļi. Likvidējot ugunsgrēku, jālieto individuālie aizsardzības līdzekļi un gāzmaska. Pēc ugunsgrēka ugunsdzēsējiem jānodrošina iespēja nomazgāties dušā. Pārstrādājot beriliju vai tā savienojumus, īpaši jāaizsargā gaisa vide. To var panākt, lietojot iekārtas un aparatūru tādā izpildījumā, kas pilnībā novērš putekļu vai dūmu nokļūšanu gaisā, – jālieto hermētiskas iekārtas. Obligāti jāierīko nosūces ventilācija. Visiem darbiem ar beriliju jābūt izolētiem no citiem procesiem. Pēc darba strādniekiem noteikti jāpārgērbjas. Darba drēbju mazgāšana mājas apstākļos ir stingri aizliegta. Strādājošajiem obligāti jāiziet profilaktiskās medicīniskās apskates.

## Kalcijs un tā savienojumi

Kalcijs (Ca)	
Atommasa	40
Blīvums	1,54 g/cm <sup>3</sup>
$t_{kušanas}$	848,8 °C
$t_{viršanas}$	1487 °C

Kalcijs ir mīksts, sudrabaini balts metāls, sasmalcinātā veidā gaisā aizdegas un deg ar ķieģeļsarkanu liesmu. Kalcijs reaģē ar ūdeni, izdalās ūdeņradis; sārmu vai karbonātu klātbūtnē var notikt eksplozija.

Kalcijs dabā plaši izplatīts dažādu iežu veidā: kaļķakmens un marmors (CaCO<sub>3</sub>), ģipsis (CaSO<sub>4</sub>), fluoršpats (CaF<sub>2</sub>), kalcija fosfāts jeb apatīts (Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>).

Kalcijs ir viens no cilvēka organisma pamatelementiem. Kopējais kalcija patēriņš ar barību cilvēkam ir vairāk nekā 0,5 g dienā.

Metāliskais kalcijs, reaģējot ar ūdeni, veido sārmu, kas izšļakstoties var radīt acu un ādas apdegumus. Gaisā kalcijs ir sprādzienbīstams.

Kalcija hlorīdu (CaCl<sub>2</sub>) izmanto bārija hlorīda, metāliskā kalcija un krāsvielu ražošanā. Bezūdens kalcija hlorīdu izmanto kondicionēšanas sistēmās kā mitruma uztvērēju un aukstuma aģentu, kā betona cietēšanas paātrinātāju. Kalcija hlorīds ir ļoti kairinošs. Tas izraisa ādas apsārtumu, sejas ādas lobīšanos, acu asarošanu un dedzināšanu, kā arī sāpes deguna dobumā, deguna asiņošanu un kairinājumu kaklā. Iespējama pat deguna dobuma šķērssienas perforācija.

Kādi aizsardzības līdzekļi lietojami:

- hermētiska aparatūra;
- laba nosūces ventilācija;

- individuālie aizsardzības līdzekļi: specapģērbs, galvassega, apavi, aizsargbrilles, respirators.

Kalcija nitrāts ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) sildot sadalās  $2\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{t^\circ} 2\text{CaO} + 4\text{NO}_2 + 8\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ . To izmanto kā mēslojumu, sprāgstvielu un pirotehnikas sastāvu ražošanā, sērkokciņu rūpniecībā un kā oksidētāju.

Kalcija nitrāts rada kairinājumu, apdedzina ādu un gļotādas, ir stiprs oksidētājs, ugunsnedrošs un sprādzienbīstams.

Ražošanas procesos jāizmanto hermētiskas un mehanizētas iekārtas, jābūt labai ventilācijai. Kalcija nitrātu nedrīkst uzglabāt organisko vielu un citu viegli oksidējošos vielu tuvumā.

Kalcija sulfītu ( $\text{CaSO}_3$ ) izmanto kā reducētāju celulozes ražošanā. Nonākot organismā, tas izraisa vemšanu un asinsrites traucējumus.

## 2.4. Veselībai bīstamie nemetāli

Arsēns, halogēns, ozons, ūdeņradis

### Arsēns un tā savienojumi

Arsēns (As)	
Atommasa	75
Blīvums	5,73
$t_{\text{kušanas}}$	817 °C
$t_{\text{viršanas}}$	613 °C

Sudrabpelēka trausla viela, līdzīga metālam. Sildot deg gaisā, veidojot baltus dūmus – arsēna trioksīdu –  $\text{As}_2\text{O}_3(4\text{As} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{As}_2\text{O}_3)$ . Dabā arsēns plaši izplatīts, sevišķi sulfīdu rūdu veidā, piem., arsenopirīts ( $\text{FeAsS}$ ).

Arsēnu izmanto kā piedevu sakausējumos (svins akumulatoru platēm un skrotīm) – uzlabo sakausējuma cietību un siltumizturību.

Arsēna savienojumus iedala trīs grupās:

- neorganiskie;
- organiskie;
- arsēnūdeņradis (arsīns).

Trīsvērtīgā arsēna neorganiskie savienojumi. Arsēna trihlorīds ( $\text{AsCl}_3$ ) ir dzeltenīgs eļļains šķidrums. To izmanto keramikā un arsēnu saturošu savienojumu iegūšanai.

Arsēna trioksīds ( $\text{As}_2\text{O}_3$ ) – baltais arsēns – tiek izmantots visu citu arsēna savienojumu iegūšanai; stikla rūpniecībā kā insekticīds un fungicīds.

Vara acetoarsenīts ( $\text{Cu}(\text{COOCH}_3)_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{AsO}_2)_2$ ) – Parīzes, Vīnes vai karaliskais zaļais – izmantojams kā pigments, insekticīds, koksnes antiseptizēšanas viela, kā “neapauģošo” kuģa krāsu sastāvdaļa.

Vara arsenīts ( $\text{Cu}(\text{AsO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) – Šēelē zaļais – izmantojams kā koksnes antisept-

tizēšanas viela, insekticīds, fungicīds un grauzēju inde.

Piecvērtīgā arsēna neorganiskie savienojumi.

Arsēnskābe ( $\text{H}_3\text{AsO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ ), arsēna pentoksīds ( $\text{As}_2\text{O}_5$ ), kalcija arsenāts ( $\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2$ ) – kalcija ortoarsenāts, izmantojami kā insekticīdi un herbicīdi.

Arsēna organiskie savienojumi.

Kakodilskābe ( $(\text{CH}_3)_2\text{AsOOH}$ ) (dimetilarsēnskābe) – mazgājošs herbicīds un defoliant.

Arsēnskābe ( $(\text{NH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{AsO}(\text{OH})_2$ ) 4-aminobenzarsēnskābe) – sīseņu apkarošanas līdzeklis, dzīvnieku un mājlopu medikamentu sastāvdaļa.

Arsēns un tā savienojumi pieskaitāmi pie ļoti indīgām vielām, kuru toksicitāte ir atkarīga no arsēna vērtības (valences) un savienojumu šķīdības bioloģiskā vidē.

Arsēna organiskie savienojumi, kurus izmanto lauksaimniecībā vai medicīniskajos preparātos, var būt kaitīgi cilvēkam. Rūpniecībā neorganiskie arsēna savienojumi cilvēka organismā nonāk ieelpojot un caur ādu. Saindējoties ar arsēna trioksīdu, tiek skarts kuņģis un zarnu trakts, parādās vemšana, caureja, samaņas zudums, samazinās urīna daudzums un urīnā konstatējamas olbaltumvielas, sejas tūska, krampji un sirds darbības traucējumi.

Saindējoties ar arsēna savienojumu šķīdumiem, simptomi parādās jau pēc dažām minūtēm. Ja organismā nonāk cietās vielas daļiņas (putekļi), saindēšanās sākas pēc dažām stundām, toksicitāte ir atkarīga no daļiņu lieluma un šķīdības. Nāvējoša deva cilvēkam ir 70 mg līdz 100 mg. Nāve var iestāties jau pēc diennakts, bet parasti tas notiek pēc 3–7 dienām. Akūta saindēšanās parasti izpaužas arī kā aknu palielināšanās un mazasinība. Ja cilvēks nenomirst, pēc 2–3 nedēļām, simptomi izzūd.

Gaisā esošie arsēna savienojumi, tāpat kā arsēna trioksīds ( $\text{As}_2\text{O}_3$ ), izraisa stiprus elpošanas ceļu gļotādas bojājumus; akūti simptomi parādās arī tad, ja arsēna savienojumi organismā nonāk caur veselu ādu. Tādos gadījumos novēro stipru deguna gļotādas, rīkles un bronhu kairinājumu, konjunktivītu un dermatītu. Pēc dažām nedēļām var būt deguna dobuma šķērssienu perforācija. Ja strādniekiem ilgstoši jāatrodas vidē, kas satur lielu arsēna savienojumu koncentrāciju, parādās hroniska saindēšanās ar arsēnu, kas izpaužas kā elpošanas ceļu gļotādas bojājumi, nervu sistēmas darbības traucējumi, bojājumi aknās, asinsrites sistēmā un plaušu vēzis.

Hroniski ādas bojājumi, ilglaicīgi strādājot ar arsēna savienojumiem, izpaužas kā hiperkeratoze, kārpas un ādas melanoze. Melanoze lokalizējas uz plakstiņiem, deniņu rajonā, uz kakla, padusēs, vēdera rajonā un uz muguras.

Pēc akūtas saindēšanās izdzīvojušajiem dažu nedēļu laikā rodas perifērās nervu sistēmas traucējumi, tiek traucētas kustību funkcijas, tiek skartas kājas, uz nagiem parādās šķērsvītras. Atlabšana notiek ļoti lēni. Arsēna neorganiskie savienojumi ir ādas kancerogēni. Ar insekticīdiem strādājošajiem bieži vien ir aknu, kuņģa, plaušu vēzis. Slimības slēptais periods ir 15–30 gadi.

Arsēnūdeņradi (arsīns) ( $\text{AsH}_3$ ) nelielos daudzumos izmanto pusvadītāju ražošanā un organiskajā sintēzē. Gāzveida arsēna ieelpošana izraisa momentānu nāvi (asins inde).

Drošības pasākumi:

- jākontrolē arsēna koncentrācija gaisā;
- jānovērš kaitīgo vielu iekļūšana organismā (caur apģērbu, rokām u. c.);
- strādājošie jāapgādā ar specapgērbu, apaviem, individuālajiem aizsardzības līdzekļiem (pat gāzmaskām);
- nedrīkst pieņemt darbā cilvēkus, kas sirgst ar diabētu, sirds asinsvadu slimībām, neiralģiju, aknu vai nieru slimībām;
- obligātas profilaktiskās medicīniskās apskates.

## 2.5. Halogēni un to savienojumi

Fluors, hlors, broms, astats

8. tabula

Halogēnu īpašības

Elements	Atommasa	Fizikālais stāvoklis	$t_{kušanas}$ , °C	$t_{viršanas}$ , °C	Gaisā pieļaujamā koncentrācija, mg/m <sup>3</sup>
Fluors (F)	19	Gāze	-219,6	-188,1	0,2
Hlors (Cl)	35,5	Gāze	-101	-34,8	3
Broms (Br)	80	Šķidrums	-7,2	58,8	0,7
Jods (J)	127	Cieta viela	113,5	184,3	1
Astats (At)	210	Cieta viela	302	337	-

Halogēnu fizikālās un ķīmiskās īpašības ir ilgstoši pētītas. To līdzīgās fizikālās īpašības nosaka vienādā ārējā elektronu čaulas uzbūve. Visi halogēni reaģē ar ūdeņradi; aktivitāte samazinās, pieaugot atommasai. Tas pats novērojams, runājot par halogēnus saturošo skābju aktivitāti un halogēnu organiskajiem savienojumiem.

**Bīstamība.** Gāzveida fluors, hlors, broma un joda tvaiki kairina elpošanas ceļus; ieelpojot jau pavisam mazā koncentrācijā, novērojama smakšana, klepus un spiediena sajūta krūtīs. Plaušu audu bojājumi rada šķidrums uzkrāšanos plaušās, plaušu tūska, iespējams letāls iznākums.

Halogēnus saturošiem ogļūdeņražiem ir narkotiska iedarbība. Dažus no šiem savienojumiem izmanto ķirurģijā kā anestēzijas līdzekļus.

## 2.6. Ūdeņradis

Ūdeņradis (H)	
Atommasa	1
Blīvums	0,09
$t_{kušanas}$	259,1 °C
$t_{viršanas}$	252,5 °C
$t_{pašuzliesmošanas}$	400 °C

Bezkrāsas viegli uzliesmojoša gāze bez smakas, vāji šķīst ūdenī.

Parastos apstākļos ūdeņradis ir ķīmiski mazaktīvs, paaugstinātā temperatūrā reaģē ar daudziem elementiem kā reducētājs. Sildot reaģē ar sārnu metāliem, veidojot hidrīdus  $2\text{Na} + \text{H}_2 \xrightarrow{t^\circ} 2\text{NaH}$ .

Ūdeņradis neuztur degšanu, bet pats deg skābekļa atmosfērā ar gaišzilu liesmu  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ . Ūdeņradis viegli aizdegas, maisījums ar skābekli attiecībā 2:1 veido sprāgstošo maisījumu, kas eksplodē no elektriskās dzirksteles vai atklātas liesmas. Ūdeņraža un hlora maisījums eksplodē gaismā  $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \xrightarrow[\text{spradzziens}]{\text{gaisma}} 2\text{HCl}$ .

Dabā ūdeņradis ir plaši izplatīts. Tas ir viens no galvenajiem elementiem dzīvo organismu un organisko savienojumu sastāvā. Ļoti liela loma ķīmiskajos un bioķīmiskajos procesos ir ūdeņraža jonu koncentrācijai (lielums pH). Ūdeņradis piedalās lielākajā daļā dzīvo organismu metaboliskajās reakcijās.

Vienkāršākais ūdeņraža un skābekļa iegūšanas process ir ūdens elektrolīze, iegūst īpaši tīru ūdeņradi  $2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{elektrolīze}} 2\text{H}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$ . Tā kā process prasa lielu elektroenerģijas patēriņu, praksē to lieto maz.

Plašāk izmantojamās metodes:

- gaisa sadalīšana zemā temperatūrā;
- gāzveida ogleņūdeņraža konversija  $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2 - 48,9 \text{ kkal}$ .  
metāns vai tvaiki  
cits alkans



Ūdeņradi uzglabā un transportē tērauda balonos zem 150 atmosfēru spiediena.

**Lietošana.** Milzīgu daudzumu ūdeņraža izmanto amonjaka ( $\text{NH}_3$ ) sintēzē, hidrogenizējot šķidro kurināmo, iegūstot šķidro kurināmo no ogleņiem, hidrogenizējot augu eļļas, lai iegūtu cietos taukus (konditorejas taukus, margarīnu).

Skābekļa-ūdeņraža liesmu izmanto metinot svinu, platīnu un apstrādājot kvarcu. Ūdeņradi izmanto tērauda metināšanai un griešanai, reducējot metālu oksīdus (molibdena, bismuta).

Ūdeņradi izmanto metilspirta un citu spirtu ražošanā; zemu temperatūru iegūšanai.

**Bīstamība.** Ūdeņradis ir fizioloģiski inerta, netoksiska gāze. Pietiekami lielā koncentrācijā tas var izraisīt asfiksiju, jo aizvieto gaisa skābekli. Pie liela spiediena parādās narkotiska iedarbība, īpaši pie slāpekļa un ūdeņraža attiecības 1:0,26. Galvenā bīstamība, iegūstot, lietojot un uzglabājot ūdeņradi, ir tā vieglā uzliesmošana un eksplozija. Īpaši bīstama ir pat neliela daudzuma skābekļa vai gaisa saskare ar šķidru ūdeņradi. Tā kā skābekļa kušanas temperatūra ir augstāka nekā šķidra ūdeņraža uzglabāšanas temperatūra, skābeklis un gaiss tiek iesaldēts uz šķidrā ūdeņraža virsmas, pakāpeniski uzkrājas līdz tādām daudzumiem, pie kura iespējams graujošs šķidrā ūdeņraža un cietā skābekļa vai gaisa spradzziens.

**Drošības pasākumi.** Šķidrā ūdeņraža uzglabāšanas trauki (baloni) jāuzglabā drošā attālumā no siltuma avotiem, jo ūdeņraža zemā viršanas temperatūra ir par iemeslu tam, ka pat neliels siltuma daudzums veicina liela daudzuma gāzveida ūdeņraža rašanos. Pirms šķidrā ūdeņraža iepildīšanas jebkura tilpne ir jāizpūš ar inertu

gāzi, jo tajās palikušais gaiss vai skābeklis var izraisīt sprādzienu. Balonus un rezervuārus ar ūdeņradi nedrīkst uzglabāt kopā ar degošām vielām, tiem jābūt novietotiem pietiekamā attālumā citam no cita un no apdzīvotām telpām.

Drošības pasākumi:

- jānodrošina aparatūras hermētiskums;
- jālieto ūdens slēgi un drošības vārsti;
- jābūt piespiedu ventilācijai;
- jābūt ierīkotiem zibens novedējiem;
- jāizmanto inerto gāzu aizsargiekārtas;
- pirms remonta ūdeņraža glabātavas jāatslēdz no gāzes sadales tīkla;
- tvertnes jāpiepilda tikai līdz iepriekš noteiktam līmenim;
- jāievēro temperatūras režīms, baloni jāsargā no tiešu saules staru iedarbības, rekomendējama balonu un rezervuāru siltumizolācija;
- baloni jāsargā no trieciena;
- balonos spiediens nedrīkst būt lielāks par 150 atmosfērām;
- uz visām ūdeņradi saturošām tilpnēm jābūt uzrakstiem un brīdinājuma zīmēm.

Ozons (O <sub>3</sub> )	
Molekulmasa	48
Blīvums	1,6 (šķidrums), 2,1 (gāze)
$t_{\text{kušanas}}$	-192,7 °C
$t_{\text{viršanas}}$	-119,1 °C

Gaiši zila gāze ar īpatnēju aromātu (gaiss pēc negaisa), nedaudz šķīst ūdenī, labi šķīst sērmos un eļļās. Kā atskaites punkts, kad jāveic aizsardzības pasākumi pret ozonu, ir pieņemta 100–200 mg/m<sup>3</sup> koncentrācijas iedarbība 1 stundas laikā.

Ozons ir trīsatomu skābekļa dubultais brīvais radikālis, kas rodas no divatomu skābekļa garo viļņu (150–200 nm) starojuma iedarbības rezultātā. Šāds viļņu garums raksturīgs saules starojumam  $3\text{O}_2 \xrightarrow{\text{saules star.}} 2\text{O}_3$  O≡O

Ozons atrodas atmosfēras augšējos slāņos (10 km līdz 38 km augstumā) vai arī kā piesārņojoša viela zemākajos slāņos rentģena un ultravioletā starojuma avotu tuvumā (piemēram, elektriskā loka izlāde, dzīvsudraba lampas, zibens).

Rūpnieciski ozonu iegūst no divatomu skābekļa ar UV ozona ģeneratoru vai arī apstrādājot gaisu ar lielu spriegumu. Praktiskai izmantošanai 50 % ozona šķīdumu šķīdros fluorūdeņražos uzglabā tērauda vai stikla traukos.

**Izmantošana.** Ozonu izmanto:

- kā oksidētāju tīru organisko vielu ražošanā;
- dzeramā ūdens attīrīšanai;
- ūdens attīrīšanai peldbaseinos;
- notekūdeņu attīrīšanai;
- lai kavētu pelējuma un baktēriju attīstību pārtikas produktos, glabājot tos no-  
liktavās ar zemu temperatūru;

- tekstilizstrādājumu, celulozes, parafīnu, cietes, augu eļļu, cukura balināšanai;
- ražojot dažāda veida smaržvielas, vanilīnu, kamparu;
- smaku novēršanai un dezinfekcijai dažādās telpās;
- gaisa attīrīšanai no oglekļa oksīda (CO) (piemēram, garāžās).

Parasti tiek izmantots augstas koncentrācijas ozons.

**Bīstamība.** Ozona bīstamība ir uguns- un sprādzienbīstamība, jo ozons ir stiprs oksidētājs; izdalās ļoti liels siltuma daudzums. Parasti oksidēšanās process sākas zemākā temperatūrā nekā oksidēšanās ar divatomu skābekli. Reaģējot ozonam ar nepiesātinātiem savienojumiem, rodas ozonīdi – nestabilas vielas, kas sadalās ar sprādzienu. Ozons ir nestabila gāze, kas jau istabas temperatūrā pārvēršas divvērtīgajā skābeklī  $2\text{O}_3 \rightarrow 3\text{O}_2$ .

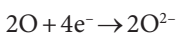
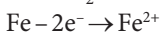
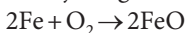
Paaugstinātā temperatūrā un katalizatora (ūdeņradis, dzelzs, varš, hroms) klātbūtnē ozona sadalīšanās notiek ar sprādzienu. Šķidrā un cietā stāvoklī ozons ir īpaši nestabils un pat pie niecīgākā trieciena var eksplodēt. Ozons ir stipra toksiska gāze ar kairinošu iedarbību gan īslaicīgi, gan ilgstoši kontaktējoties. Ieelpojot ozonu, rodas elpošanas ceļu iekaisumi un aizsprostojumi, pie lielas ozona koncentrācijas novērojama plaušu tūska, asiņošana un nāve. Sākotnējās ozona iedarbības izraisītās parādības nosakāmas subjektīvi: vispirms sajūtams aromāts, sausums un kairinājums augšējos elpošanas ceļos, galvassāpes un slikta pašsajūta. Pret ozona iedarbību sievietes ir jutīgākas nekā vīrieši. Neskatoties uz to, ka darba zonā ir noteikta zema ozona koncentrācija, tas tomēr ir ļoti bīstams un pat zemā koncentrācijā nenodrošina pilnīgu nekaitīgumu.

Ozona struktūra veicina brīvo radikāļu veidošanos, kas izraisa bioloģisku iedarbību uz cilvēku. Ozonam un jonizējošam starojumam ir vismaz sešas kopīgas toksiskās iedarbības īpašības. Tāpēc ozonam, tāpat kā radiācijas jonizējošajam starojumam, nav iedarbības sliekšņa.

**Drošības pasākumi.** Cilindri ar šķidro ozonu jāuzglabā atdzesējamās telpās, drošā attālumā no reducētājiem, uzliesmojošiem materiāliem un tādām vielām kā dzelzs, varš un hroms (sadalīšanās katalizatori). Strādājot ar ozonu, visām iekārtām jābūt hermetizētām, jābūt nosūces ventilācijai. Visām elektroiekārtām jābūt izolētām, strādājošiem jālieto individuālie aizsardzības līdzekļi, kas paredzēti aizsardzībai pret krogēnu šķidrumu iedarbību. Personai ar respiratorās sistēmas saslīmšanām nedrīkst strādāt ar ozonu. Obligātas periodiskas profilaktiskās apskates.

## 2.7. Oksidētāji

Oksidētāji reaģē ar citām vielām, atraujot no tām elektronus, bet paši reducējas.



Atbilstoši lietošanai oksidētājus iedala:

- neitrālie (ozons, svina oksīds, nitrotoluols);
- sārmainie (kālija permanganāts, skābeklis);



- skābie (hromskābe, slāpekļskābe, koncentrēta sērskābe).

Daži savienojumi atkarībā no tā, ar kādu vielu tie reaģē, var būt gan oksidētāji, gan reducētāji. Oksidētāja aktivitāte ir atkarīga no oksidēšanās-reducēšanās potenciāla (sk. 9. tab.).

Stipriem reducētājiem ir negatīvs potenciāls, stipriem oksidētājiem – pozitīvs. Katrs savienojums 9. tabulā var oksidēt citus, kuri atrodas augstāk par to, un reducēt zemāk esošos. Jo lielāka potenciālu starpība, jo efektīvāka reakcija.

Oksidētāja iedarbība ar dažādiem ķīmiskiem savienojumiem ir atkarīga no daudziem faktoriem, tādiem kā:

- oksidētāja daba;
- temperatūra;
- katalizators;
- reaģentu koncentrācija;
- ūdeņraža jonu koncentrācija vidē (Ph).

9. tabula

Dažu vielu oksidēšanās-reducēšanās potenciāls

Nr.p.k.	Ķīmiskais savienojums	Oksidēšanās-reducēšanās potenciāls, eV
0	Alvas dihlorīds ( $\text{SnCl}_2$ ) kālija hidroksīda šķīdumā (KOH)	-0,861
1.	Nātrija sulfīds ( $\text{Na}_2\text{S}$ )	-0,651
2.	Jods kālija jodīda šķīdumā (KJ)	-0,328
3.	Ūdeņradis sālsskābē ( $\text{H}_2 + \text{HCl}$ )	-0,311
4.	Jods kālija hidroksīda šķīdumā ( $\text{J}_2 + \text{KOH}$ )	-0,070
5.	Vara (I) hlorīds	0,000
6.	Divvērtīgās dzelzs sulfāts	+0,073
7.	Koncentrētā sērskābe	+0,158
8.	Kālija bihromāts	+0,502
9.	Hlora šķīdums nātrija hidroksīdā	+0,626
10.	Dzelzs(III) hlorīds	+0,673
11.	Slāpekļskābe	+0,697
12.	Hlorskābe	+0,707
13.	Hlorpaskābe	+0,856
14.	Kālija jodāts	+0,929
15.	Mangāna dioksīda šķīdums kālija hlorīdā	+1,068
16.	Kālija permanganāts	+1,203

Oksidētāji var būt:

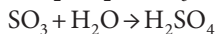
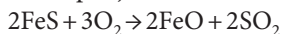
- gāzveida (skābeklis, ozons, fluors);
- šķīdumi (koncentrēta sērskābe, slāpekļskābe, hromskābe, nātrija hipohlorīta

šķīdumi);

- cietas vielas (kālija permanganāts, hromāti, bihromāti).

Lielākā daļa oksidētāju šķīst ūdenī.

**Izmantošana.** Daudzu rūpniecisko procesu pamatā ir oksidēšanās; tie ir katalītiskie, ķīmiskie un elektroķīmiskie procesi. Piemēram, sērskābes ieguve no sēra un sulfīdiem, slāpekļskābes – no amonjaka.



Benzoskābes, maleīnskābes, ftāliskābes, antrahinona ieguve no aromātiskajiem ogļūdeņražiem; cikloheksanona un fenola ieguve no toluola. Elektriskā oksidēšanās tiek izmantota, iegūstot neorganiskos savienojumus: hromātus, permanganātus, pārskābju sāļus, ūdeņraža peroksīdu.

Oksidēšanās ir daudzu medikamentu ražošanas pamatā, metālisko oksīdu aizsargkārtas iegūšanā un ķīmiskajā analizē.

Bioloģiskie procesi (elpošana, fotosintēze, nervu sistēmas darbība) arī ir oksidēšanās reakcijas.

Dabā notiek organiska augu un dzīvnieku atlieku lēna oksidēšanās (sadalīšanās). Pastāv cilvēkam gan vēlamī, gan nevēlamī procesi. Viens no kaitīgajiem procesiem ir metālu rūšošana (korozija).

Oksidēšanās reakciju izejvielas un starpprodukti bieži vien nonāk darba vides gaisā un var būt bīstami cilvēka veselībai.

Oksidēšanās reakciju īpatnība ir tā, ka izdalās siltums – eksotermiskas reakcijas. Izdalījies siltums var izraisīt reakcijas masas pārkaršanu, tas savukārt var mainīt reakcijas gaitu, var rasties blakusprodukti, kas dažkārt var būt ļoti toksiski. Ja darba aparatūra nav pietiekami hermētiska, darba vides gaisā var uzkrāties augsta toksiskās vielas koncentrācija.

Daudzi oksidētāji (piemēram, slāpekļskābe) ir kodīgi, tie “saēd” (bojā) aparatūras blīves un izolāciju, rezultātā var notikt reaģentu noplūde darba vidē. Īpaši bīstami tas ir uzglabāšanas un transportēšanas tarā un laikā.

Toksiskie oksidētāji var būt ļoti kairinošas un smacējošas gāzes (slāpekļskābes, hromskābes un sērskābes tvaiki, ūdeņraža peroksīds, hlors, fluors), kas izraisa audu virsējo slāņu iekaisumu.

Dāži oksidētāji (sērskābe, sēra trioksīds  $\text{SO}_3$ , mangāna, hroma un svina savienojumi) skar kuņģi un zarnu traktu, asinsrades un nervu sistēmu (nitrobenzols, nitrotoluols, hroma savienojumi), attīstās aknu un nieru slimības (hroma, mangāna savienojumi).

Slāpekļskābe, sērskābe, hlorkaļķi un sēra trioksīds saārda zobus. Īpaši bīstami ir oksīdi, kas satur hromu, mangānu, svinu. Piemēram, hroma (VI) savienojumi, ieelpojot tos ilgstoši, attīstās plaušu vēzis; mangāna savienojumi smagi skar centrālo nervu sistēmu (mangāna parkinsonisms) un plaušas (mangāna pneimokonioze). Skābeklis – visplašāk izplatītais oksidētājs – ir mazāk toksisks. Bīstamāka ir skābekļa nepietiekamība nekā tā pārlietu liela koncentrācija.

**Drošības pasākumi.** Radikālākie drošības pasākumi, strādājot ar oksidētājiem, ir:

- nepārtraukti procesi hermētiskā aparatūrā;
- transportēšana slēgtā tarā;
- jānovērš reaģentu noplūde;
- jābūt nosūces ventilācijai.

Ja gaiss satur toksiskas vielas, pirms izlaišanas atmosfērā tas jāattīra vai jāsedzina katalizatoru klātbūtnē. Strādājošajiem jālieto individuālie aizsardzības līdzekļi: specapgērbis, apavi, cimdi u. c. Pēc iespējas jāierobežo roku darba izmantošana. Transportēšanai rekomendē izmantot slēgtās sistēmas: pneimotransportu, vakuumptransportu (īpaši dažādu birstošu materiālu un pulveru transportēšanai).

Korozijas novēršanai jāizmanto pret oksidēšanos izturīgi materiāli (caurulēm, ventilācijas kanāliem, aparatūrai): armēta plastmasa, keramika, stikls.

## 2.8. Veselībai kaitīgi oksīdi

Oglekļa oksīds (CO)	
Molekulmasa	28
Blīvums	1,25
$t_{kušanas}$	-205,1 °C
$t_{viršanas}$	-195,5 °C
$t_{uzliesmošanas}$	608,9 °C

Bezkrāsas gāze bez garšas un smakas, vieglāka par gaisu, gaisā deg ar gaišzilu liesmu. Oglekļa oksīds (monooksīds) veidojas, degot organiskām vielām (ogles, koksne, papīrs, nafta, benzīns, gāze, sprāgstvielas un citi oglekli saturoši materiāli) nepietiekama skābekļa vai gaisa klātbūtnē. Ja gaisa vai skābekļa pietiek un virsmai nav tieša kontakta ar liesmu, oglekļa oksīds neveidojas.

Oglekļa oksīds rodas arī tad, ja liesma saskaras ar virsmu, kuras temperatūra ir zemāka nekā liesmas gāzu pašizdegšanās temperatūra. Visvairāk oglekļa oksīda nonāk atmosfērā ar benzīna iekšdedzes dzinēja izplūdes gāzēm; atkarībā no dzinēja darbības režīma izplūdes gāzes satur 1 % līdz 10 % oglekļa oksīda. Tā daudzums izplūdes gāzēs palielinās, ja dzinējs nav noregulēts, ir sliktā tehniskā stāvoklī vai tiek pārslogots. 50–60 % visa oglekļa dioksīda, kas izdalās cilvēka saimnieciskās darbības rezultātā, dod tieši autotransports. Izdalītā oglekļa oksīda daudzuma samazināšanos var panākt, aprikojot izpūtējus ar termoiekārtām (pēcsadedzināšana) vai katalizatoriem. Liels daudzums oglekļa oksīda izdalās metālliešanas un naftas katalītiskā krekinga procesā, apdedzinot kaļķakmeni, kartona fabriku rekuperatoros, koksna baterijās, sodrēju ražošanā, gāzgeneratoros un atkritumu sadedzināšanas iekārtās, sintezējot metanolu vai citus organiskos savienojumus, farmācijā un karbīda ražošanā.

Rūpnieciski daļēji oglekļa oksīdu iegūst no dabasgāzes, gāzveida ogļūdeņražiem vai arī gazificējot ogles.

Oglekļa oksīdu izmanto kā reducētāju metalurģijā (īpaši niķeļa reducēšanai), organiskajā sintēzē (Fišera-Tropa reakcija, oksoprocesi), metālu karbonīlu ((Me(CO)<sub>n</sub>) ražošanā. Oglekļa oksīds ir daudzu rūpniecisko apkures gāzu sastāvdaļa. Tā saukta "ūdens gāze" satur ~40 %, domnu gāze ~30 %, ģeneratoru gāze ~25 %, ogļu gāze ~5 % oglekļa dioksīda.

**Bīstamība.** Uzskata, ka oglekļa oksīds ir viens no biežākajiem intoksikācijas cēloņiem rūpniecībā un sadzīvē. Vēl vairāk ir to pacientu, kas cieš no pastāvīgas centrālās nervu sistēmas traucējumiem (bez letāla iznākuma).

Jebkurā valstī liels skaits strādājošo ir pakļauti profesionālai oglekļa dioksīda iedarbībai, it īpaši strādājošie autorūpniecībā, garāžās, automašīnu tehniskās apkopes stacijās, ceļu būves mašīnu vadītāji (ja kabinē iekļūst dzinēju izplūdes gāzes); tuneļos, ogļu un koksa apdedzināšanā strādājošie, pavāri, maizes cepēji, ugunsdzēsēji u. c. Metināšanas darbi, sevišķi dziļās cisternās, jānodrošina ar pietiekami efektīvu ventilāciju, lai neveidotos bīstama oglekļa dioksīda koncentrācija. Bīstama oglekļa oksīda koncentrācija var rasties, pasliktinoties ventilācijai, notiekot CO noplūdei vai arī notiekot avārijai tehnoloģiskajā procesā.

**Toksiskā iedarbība.** Oglekļa oksīdu uzsūc plaušas un asinis. CO saistās ar asins hemoglobīnu, veidojot karboksihemoglobīnu (COHb). Oglekļa oksīds piesaistās hemoglobīnam vietās, kur būtu jāpiesaistās skābeklim. CO 240 reizes līdzīgāks cilvēka hemoglobīnam nekā skābeklis. Veidojoties COHb, tiek bloķēta skābekļa pievadīšana dažādiem audiem, kā arī jau piesaistītais skābeklis slikti atbrīvojas. Šī iemesla dēļ COHb veidošanās organismam ir pat bīstamāka nekā asiņošana. CO saistās arī ar mioglobīnu, tas traucē vielmaiņu muskuļos, īpaši sirds muskulī.

CO bīstamība jānovērtē, ņemot vērā CO koncentrāciju gaisā un iedarbības ilgumu. Tā uzsūkšanās ir atkarīga no plaušu ventilācijas, tai palielinoties, piemēram, strādājot smagu fizisku darbu, CO adsorbcijas ātrums pieaug, pieaug COHb veidošanās ātrums un koncentrācija. Stipri saindējoties nāve var iestāties gandrīz momentāni. 10 000–40 000 koncentrācija izraisa nāvi jau pēc dažām minūtēm. Ja koncentrācija ir 1000–10 000, pēc 13–15 minūtēm sākas galvassāpes, reibonis, slikta dūša, ja iedarbības ilgums ir 10–45 minūtes, iestājas nāve. Pie mazākas koncentrācijas laiks starp iedarbības sākumu un pirmajām saindēšanās pazīmēm ir garāks. Bīstamāka ir CO iedarbība uz sirdi un smadzenēm, jo šie orgāni spēj darboties, tikai nepārtraukti pievadot tiem skābekli. CO iedarbība uz sirdi ir divējāda:

- sirdij jāstrādā intensīvāk, lai apgādātu organismu ar skābekli;
- samazinās skābekļa padeve.

## Galvenie bojājumi un simptomi atkarībā no karboksihemoglobīna (COHb) koncentrācijas asinīs

COHb koncentrācija asinīs, %	Galvenie simptomi un bojājumu pazīmes
0,3–0,7	Nav ne simptomu, ne pazīmju
2,5–5	Nav simptomu. Ar stenokardiju sirgstošiem cilvēkiem izraisa sāpes aiz krūšu kaula
5–10	Nedaudz paaugstinās gaismas jutīguma sliekšnis
10–20	Smaguma sajūta pieres apvidū. Nelielas galvassāpes. Nenormāla reakcija uz gaismu. Elpas trūkums pie fiziskas piepūles. Var izraisīt nāvi cilvēkiem, kas slimo ar sirds slimībām, grūtniecēm iet bojā auglis
20–30	Galvassāpes, durstošas sāpes deniņos. Sejas sasārtums. Slikta dūša. Roku kustību koordinācijas traucējumi
30–50	Stipras galvassāpes, reibonis, slikta dūša, vemšana. Apziņas traucējumi. Ģibonis pie fiziskas slodzes
50–60	Koma, krampji
60–70	Koma, krampji, elpošanas un sirdsdarbības traucējumi, iespējama nāve
70–80	Vājš pulss un palēnināta elpošana, elpas apstāšanās, nāve

Akūtas intoksikācijas gadījumā sākas plaušu tūska kam seko šķidruma uzkrāšanās plaušās. Smagos gadījumos CO izraisa smadzeņu tūska, izveseļošanās gadījumā parādās neiropsihiski simptomi – nenormāls psihiskais stāvoklis, uzbudinājums, neiecietība, ilgstoši murgi, depresija vai nemiers.

CO cilvēka organismā neuzkrājas, tiek pilnībā izvadīts, pēc katras saindēšanās reizes ilgāku laiku uzturoties svaigā gaisā.

Metāna halogēnatvasinājumi (dihlormetāns  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ), kas bieži vien ir krāsu noņemšanas šķidrumu sastāvā, metabolizējas, veidojot CO. Līdz ar to palielinās COHb koncentrācija asinīs, kas var izraisīt vidējas smaguma pakāpes saindēšanos ar CO. Īpaši jutīgas pret CO ir personas, kam ir paaugstināta nepieciešamība pēc skābekļa: mazasinīgi cilvēki, elpošanas ceļu un sirds slimnieki, bērni un jauni cilvēki, kam ir paātrināta skābekļa apmaiņa.

**Drošības pasākumi.** Līdz minimumam jāsamazina CO noplūde darba telpās.

Īpaša uzmanība jāpievērš komunikācijām, ventiļiem, mēraparātiem. Telpās jābūt pastāvīgai CO līmeņa kontrolei. Ar CO jāstrādā tikai speciāli apmācītam personālam. Darbinot benzīna dzinējus slēgtās telpās, izplūdei jāpievieno nosūces ventilācija. Avārijas gadījumā, dzēšot ugunsgrēku, jālieto individuālie aizsardzības līdzekļi (izolējoša gāzmaska). Augstas CO koncentrācijas gadījumā papildus jāpievada gaiss. Aktīvās ogles filtri nepasargā no CO!

CO noplūdes noteikšanai jāuzstāda gaisa paraugu ņemšanas automāti.

Pieņemot darbā, jāveic darbinieku medicīniskā pārbaude, nedrīkst pieņemt grūtnieces, sirds un elpošanas ceļu slimniekus.

Sēra dioksīds (SO<sub>2</sub>)

Molekulmasa	64
Blīvums	1,43 (šķidrums)
$t_{kušanas}$	-72,7 °C
$t_{viršanas}$	-10 °C

Bezkrāsas, neuzliesmojoša gāze ar asu smaku un skābu garšu, labi šķīst ūdenī, organiskajos šķīdinātajos un sērskābē, viegli reagē ar ūdeni, veidojot sērskābi  $H_2O + SO_2 \rightarrow H_2SO_3$  un pēc tam sērskābi ( $H_2SO_4$ ). Sēra dioksīdu iegūst, dedzinot sēru ( $S + O_2 \rightarrow SO_2$ ) vai apdedzinot dabīgos sulfīdus (piritu) ( $2FeS + 3O_2 \rightarrow 2Fe + 2SO_2$ ), vai no dabīgajiem sulfītiem.

**Izmantošana.** Galvenokārt izmanto kā starpproduktu sērskābes ražošanā, kā arī ražojot celulozi, cieti, sulfītus un tiosulfātus; kā balinātāju, ražojot cukuru, šķiedras, mākslīgo ādu, līmi un cukura sīrupu; organiskajā sintēzē, iegūstot sēroglekli, tiofēnu, sulfonus; pārtikas rūpniecībā iznīcina sēnītes un baktērijas (augļu konservēšana un vīna rūpniecība). Ar amonjaku un gaisa mitrumu SO<sub>2</sub> veido mākslīgo amonija sulfāta miglu, ar ko ražu pasargā no nakts salnām.

**Bīstamība.** SO<sub>2</sub> ir viens no izplatītākajiem vides piesārņotājiem sērskābes, šķīdru SO<sub>2</sub>, čuguna ražošanā; sēru saturošu rūdu rafinēšanas procesā, sadedzinot akmeņogles un mazutu ar augstu sēra saturu; SO<sub>2</sub> satur atgāzes cukura rūpniecībā, superfosfāta ražošanā, pārtikas rūpniecībā un dezinfekcijā.

Sēra dioksīdam ir kairinoša iedarbība uz acu un augšējo elpošanas ceļu gļotādu, ar kuras mitrumu SO<sub>2</sub> veido H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> un H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. SO<sub>2</sub> nonāk organismā caur elpošanas ceļiem, kā arī, šķīstot siekalās, nonāk gremošanas sistēmā H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> veidā. Tā kā SO<sub>2</sub> labi šķīst, tas ātri izplatās pa visu organismu, izraisot metabolisko acidozi un samazinot asinīs sārņu saturu, ko kompensē amonjaka izdalīšanās siekalās. Kopējā toksiskā iedarbība traucē olbaltumvielu un ogļhidrātu metabolismu, veidojas B un C vitamīna deficīts un inhibijas oksidāze. Iespējams, ka liels daudzums SO<sub>2</sub> patoloģiski ietekmē asinsrades sistēmu. Asinīs sērskābes metabolisms rada sulfātus, kas izdalās ar urīnu. Ieelpojot lielas koncentrācijas SO<sub>2</sub>, tiek kairināta acu un augšējo elpošanas ceļu gļotāda, kas ātri vien noved pie apziņas traucējumiem. Nāve var iestāties nosmakšanas rezultātā kā rīkles spazmu sekas, pēkšņi apstājoties asinsritei plaušās vai arī no šoka.

Parasti intoksikācija ar SO<sub>2</sub> ir hroniska. Gļotādu bojājumi izpaužas kā dedzinošas sāpes, sausums un sāpes degunā un kaklā, ožas traucējumi, asiņaini izdalījumi no deguna, deguna asiņošana, sauss klepus, reizēm ar asiņainiem izdalījumiem. Ir ziņas par kuņģa sasilšanām; novēroti hroniski konjunktivīti (pat strutaini). Parādās deguna šķērssienu bojājumi, izraisot biežu asiņošanu. Ilgstoši iedarbojoties augstas koncentrācijas SO<sub>2</sub>, parādās hronisks bronhīts un emfizēma. Nervu sistēmas traucējumiem ir funkcionāls raksturs, to izraisa SO<sub>2</sub> kopējā toksiskā iedarbība, SO<sub>2</sub> bojā zobus, izraisot kariesu un smaganu sasilšanu, zobi dzeltē.

Skarot ādu, kairinājums pastiprina sviedru izdalīšanos, sviedros šķīst SO<sub>2</sub>, veidojas H<sub>3</sub>SO<sub>4</sub>, kas atkal pastiprina sviedru izdalīšanos. Pie ilgstošas iedarbības intoksikācija rada bronhu paplašināšanos un sirds nepietiekamību.

**Drošības pasākumi.** Jāsamazina gāzes izdalīšanās iespēja un jānodrošina laba ventilācija, procesi jāhermetizē. Gadījumos, kad iespējama gāzes noplūde, strādnieki jāapgādā ar elpošanas ceļu aizsardzības līdzekļiem.

Pirms pieņemšanas darbā jāiziet medicīniskā apskate, darbā nedrīkst pieņemt cilvēkus, kas sirgst ar konjunktivītu, bronhiālo astmu, sirds un asinsvadu slimībām. Darba laikā strādājošajiem mute jāskalo ar 10 % dzeramās sodas (NaHCO<sub>3</sub>) šķīdumu.

**Pirmā palīdzība.** Nelaiimes gadījumā cietušais jānogādā svaigā gaisā, jādod elpot skābekli un jāizsauc ārsts.

#### Sēra trioksīds (SO<sub>3</sub>)

Molekulmasa	80
Blīvums	1,97 (ciets), 1,98 (šķidrums)

Gāzveida viela bez smakas, smagāka par gaisu, labi šķīst sērogleklī un sērskābē. Gāzveida SO<sub>3</sub> eksistē monomēra formā. Ar ūdeni veido polimērus. Ciets sēra trioksīds eksistē trīs modifikāciju veidā:

- stabila alfa forma (prizmatiski kristāli) veidojas, sacietējot šķīdramam;
- stabila beta forma (balti pavedieni, līdzīgi azbestam);
- nestabila gamma forma (stiklveida).

**Iegūšana.** SO<sub>3</sub> iegūst no SO<sub>2</sub> un skābekļa platīna vai dzelzs trioksīda (katalizatora) klātbūtnē.  $SO_2 + 2O_2 \xrightarrow{Pt, Fe_2O_3} 2SO_3$ .

**Izmantošana.** SO<sub>3</sub> izmanto kā starpproduktu sērskābes un oleuma ražošanā, sulfurēšanai (krāsvielas), bezūdens slāpekļskābes un sprāgstvielu ražošanā. Tirdzniecībā nopērkams ciets SO<sub>3</sub> ar nosaukumu “sulfāns” vai “triosuls”, izmanto organiskās skābes sulfurēšanai.

**Bīstamība.** Paaugstinoties temperatūrai, SO<sub>3</sub> tvaiku spiediens strauji pieaug: kūstot alfa modifikācijai – pat ar sprādzienu. Tādēļ pārvadāšanas un uzglabāšanas konteineriem jāiztur spiediens līdz 10–15 atm. SO<sub>3</sub> strauji reaģē ar ūdeni, izdalot siltumu un veidojot sērūdeņražskābi (H<sub>2</sub>S). Mitrumā tā kūp un veido sērskābes miglu (H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>), kas aizpilda visu iespējamo telpu. SO<sub>3</sub> ir stiprs oksidētājs, korodē metālus un šķidrā fāzē apogļo organiskos materiālus. Izmantojot jebkuru fāzi – gāzi, šķidro, cieto, oleumu vai karstu sērskābi –, SO<sub>3</sub> piesārņo telpas. SO<sub>2</sub> gaisā oksidējas ar gaisa skābekli  $2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3$ .

SO<sub>3</sub> nokļūst organismā caur elpošanas ceļiem, darbojas kā vietējais kairinātājs un vispārtoksiska viela, līdzīgi kā SO<sub>2</sub>, tikai kairinošā iedarbība izpaužas spēcīgāk. SO<sub>3</sub> rada hronisku elpošanas ceļu iekaisumu, var izraisīt sārnu bilances traucējumus, izjaukt ogļhidrātu un olbaltumvielu metabolisma gaitu. Asinīs SO<sub>3</sub> pārvēršas sulfātos un tiek izvadīts ar urīnu, kā SO<sub>2</sub> gadījumā. Drošības pasākumi līdzīgi kā SO<sub>2</sub> gadījumā.

### 2.8.1. Slāpekļa oksīdi

Tikai slāpekļa (I) oksīds (N<sub>2</sub>O) ir nopērkams tirdzniecībā. N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> izmanto kā oksidētāju raķešu degvielā. Dažus oksīdus iegūst laboratorijā. Slāpekļa oksīdi ražotnē



rodas kā starpprodukti un atkritumi. Šie oksīdi var pārvērsties cits citā, sadaloties, savstarpēji reaģējot vai reaģējot ar gaisa skābekli. Tāpēc atmosfērā tie reti sastopami tīrā veidā, parasti tie ir maisījumā, kura sastāvu nosaka oksīdu rašanās avots un vietējie apstākļi.

Slāpekļa(I) oksīds (N <sub>2</sub> O) smieklu gāze	
Molekulmasa	44
Blīvums	1,98
$t_{kušanas}$	-90,8 °C
$t_{viršanas}$	-88,5 °C

Bezkrāsas gāze, šķīst ūdenī, dietilēterī un metanolā.

Rūpnieciski N<sub>2</sub>O iegūst, termiski sadalot amonija nitrātu ~250 °C temperatūrā  $3\text{NH}_4\text{NO}_3 \xrightarrow{250^\circ\text{C}} 2\text{N}_2\text{O} + 2\text{NH}_3 + 3\text{H}_2\text{O} + 2\text{O}_2\uparrow$ . Gāzi atdzesē, mazgā ar nātrija hidroksīda šķīdumu un atšķaidītu sērskābi, lai attīrītu citus slāpekļa oksīdus, un iepilda gāzes balonos, kur tas sašķīdinās pie spiediena virs 50 atm. istabas temperatūrā. Lielā daudzumā N<sub>2</sub>O kopā ar citiem oksīdiem izdalās, oksidējot cikloheksānu ar slāpekļskābi poliamīdu sintēzes procesā.

N<sub>2</sub>O ir mazgošs, to plaši izmanto īslaicīgai anestēzijai. Tas ir ķīmiski inerts, labi šķīst ūdenī, tādēļ labi izmantojams aerosolu baloniņu pildīšanai, putukrējuma automātos, gāzēto dzērienu pagatavošanai (CO<sub>2</sub> vietā).

Baloni ar N<sub>2</sub>O jāuzglabā aukstā un ugunsdrošā vietā.

Slāpekļa oksīds (NO)	
Molekulmasa	30
Blīvums	1,34
$t_{kušanas}$	-163,6 °C
$t_{viršanas}$	-151,8 °C

Bezkrāsas gāze ar asu, saldu smaržu, lielā koncentrācijā gaisā krāsojas brūna, šķīst sērogleklī, maz šķīst ūdenī un sērskābē.

Slāpekļa trioksīds (N <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	
Molekulmasa	76
$t_{kušanas}$	-102 °C
$t_{viršanas}$	3,5 °C

Parastos apstākļos disociē.

**Slāpekļa dioksīds (NO<sub>2</sub>) un dimērais slāpekļa tetroksīds (N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)**

Līdzsvars starp abām gāzēm (2NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) ir atkarīgs no temperatūras.

Molekulmasa 46

Blīvums 1,45

$t_{kušanas}$  -11,2 °C

$t_{viršanas}$  21,2 °C

**Slāpekļa(V) oksīds (N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)**

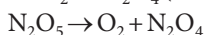
Molekulmasa 108

Blīvums 1,64

$t_{kušanas}$  30 °C

$t_{viršanas}$  47 °C

Balta kristāliska viela, kas viegli sadalās par skābekli un līdzsvarā esošu maisījumu.



**Izplatība.** Visi aprakstītie slāpekļa oksīdi dažādās attiecībās veidojas, oksidējot organiskās vielas ar slāpekļskābi, kodinot vai apstrādājot metālus skābes vannās, degot vai sprāgstot organiskiem nitrosavienojumiem, saistot slāpekli augstas temperatūras liesmā vai elektriskajā lokā, iekšdedzes dzinējos. Šādus nenoteikta sastāva maisījumus sauc par “slāpekļa dūmiem”.

Slāpekļa oksīdi lielā koncentrācijā ātri krāsojas brūni, jo ar gaisa skābekli oksidējas līdz slāpekļa dioksīdam (NO<sub>2</sub>). Zemā koncentrācijā oksidēšanās reakcija noris lēni, tādēļ lielu rūpniecības uzņēmumu atmosfērā slāpekļa oksīdi var būt lielā daudzumā.

**Bīstamība.** NO<sub>2</sub> spēcīgi kairina plaušas, bet lielā koncentrācijā (500–1000 mln<sup>-1</sup>) var izraisīt pēkšņu nāvi no bronhu spazmām un elpošanas traucējumiem. Biežāk nāve iestājas pēc kāda laika no plaušu tūskas, kaut gan pirmās iedarbības pazīmes ir tikai mērens acu un augšējo elpošanas ceļu gļotādu kairinājums. Dažos gadījumos nāve iestājas vairākas nedēļas pēc iedarbības, kad attīstās imūnsistēmas bojājumi, bronhīts, pneimonija un citas plaušu infekcijas. 20–50 mln<sup>-1</sup> koncentrācija noved pie hroniskas intoksikācijas, saslimušais sūdzas par miegainību, reiboņiem, vemšanu. Dati par slāpekļa oksīdu toksiskumu ir visai pretrunīgi, taču nav šaubu, ka tie piesārņo atmosfēru.

**Drošības pasākumi.** Visas ražotnes, kur pastāv varbūtība, ka izdalīsies slāpekļa oksīdi, ir jāaprīko ar labu nosūces ventilāciju. Darba devējam un darba drošības speciālistiem jā rūpējas par strādājošo veselību, īpaši tad, ja strādā slēgtās telpās (garāža, metālu kodināšana), īpašos apstākļos lauksaimniecībā (atverot silosu bedres). Ja ir radušies “slāpekļa dūmi” (slāpekļskābe nokļuvusi uz organiskiem savienojumiem),

jāevakuē strādājošie un jāveic pilnīga degazācija. Tā kā slāpekļa oksīdu maisījuma sastāvs nav noteikts lielums, praksē lieto analītiskās kontroles metodes, pārrēķinot oksīdu saturu uz  $\text{NO}_2$ . Ir radīti individuālie devēji un indikatori, kas precīzi nosaka slāpekļa oksīdu bīstamības pakāpi.

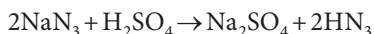
## 2.9. Skābes

Skābes ir kodīgas, dažreiz oksidējošas vielas, visas skābes ir veselībai bīstamas.

Ūdeņraža azīds ( $\text{HN}_3$ )	
Molekulmasa	43
Blīvums	1,09
$t_{\text{kušanas}}$	-80 °C
$t_{\text{viršanas}}$	37 °C

Bezkrāsas šķidrums ar ļoti asu smaku, sprādzienbīstama viela, ar ūdeni veido stabilus šķīdumus, šķīst daudzos šķīdinātajos.

**Iegūšana.** Iegūst no nātrija oksīda, iedarbojoties ar sērskābi, un sekojošu ūdens šķīduma pārtvaicēšanu. Ūdeņraža azīda sāļus iegūst, neitralizējot ūdeņraža azīdu ar hidroksīdiem.



**Izmantošana.** Ūdeņraža azīdu izmanto sprāgstvielu izgatavošanai. Svina azīdu  $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$  izmanto kapsulu ražošanai.

**Bīstamība.** Ūdeņraža azīds ir sprādzienbīstama un stipri toksiska viela. Skābe un tās koncentrēti šķīdumi detonē, sildot vai saņemot triecienu. Gatavot šķīdumus ar koncentrāciju virs 91 % drīkst tikai nelielos daudzumos, izmantojot aizsargkrānus. Mazākas koncentrācijas šķīdumi ir stabili un izmantojami dažādās reakcijās.

Sāļu sprādzienbīstamība ir ļoti dažāda:

- sārnu metālu azīdi ir inerti;
- viegli detonē sudraba ( $\text{AgN}_3$ ), vara ( $\text{CuN}_3$ ), dzīvsudraba ( $\text{Hg}(\text{N}_3)_2$ ) un svina ( $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$ ) azīdi. Tādēļ procesos, kuros paredzēts izmantot azīdu vai tas var rasties kā starpprodukts, nedrīkst izmantot varu un svinu. Strādājošie jāinformē par azīda bīstamību.

Ieelpojot ūdeņraža azīda tvaikus, rodas bronhu iekaisums un plaušu tūska, ilgstošas iedarbības rezultātā sākas krampji un iestājas nāve.

Tvaiku iedarbības rezultātā pie koncentrācijas  $1\text{mln}^{-1}$  parādās šādi simptomi: acu un deguna gļotādas iekaisums, bronhīts, galvassāpes, asinsspiediena pazemināšanās, reibonis, vājums un samaņas zudums. Tādēļ liela koncentrācija darba vidē nav pieļaujama.

**Drošības pasākumi.** Jābūt ļoti labai nosūces ventilācijai. Ja nepieciešams, jāierīko vietējā nosūce vai jārada mākslīgs caurvējš, azīda klātbūtnē nedrīkst darbināt iekārtas ar kustīgām ventilatora detaļām.

Slāpekļskābe (HNO <sub>3</sub> )	
Molekulmasa	63
Blīvums	1,5
$t_{kušanas}$	-42 °C
$t_{viršanas}$	83 °C

Caurspīdīgs, bezkrāsas vai iedzeltens, kodīgs šķidrums ar raksturīgu smacējošu smaku, gaisā un sildot sadalās.

**Ražošana.** Slāpekļskābi iegūst ar trīs metodēm:

- no Čīles salpetra (novecojusi metode);
- katalītiski oksidējot amonjaku (visizplatītākā metode);
- tieša sintēze no slāpekļa elektriskajā lokā (ļoti dārga, reti izmantota metode).

**Izmantošana.** Slāpekļskābi plaši izmanto ķīmiskajā rūpniecībā, iegūstot metālu nitrātus, sērskābi, karaļūdeni, nitrītus, skābeņskābi, ftāliskābi u. c.; ražojot tādas sprādzienbīstamas vielas kā nitrofenolu, trinitrotoluolu, nitroglicerīnu, etilēnglikola dinitrātu; krāsvielu ražošanā; fotocinkogrāfijas procesos poligrāfijā; juvelierizstrādājumu ražošanā; mašīnbūvniecībā metālu kodināšanā.

**Bīstamība.** Slāpekļskābe reaģē ar visiem metāliem, izņemot cēlmetālus (platīns, zelts, irīdijs, torijs, tantāls) un dažiem sakausējumiem. Reaģējot ar organiskiem savienojumiem, bieži vien izdalās liels siltuma daudzums, tāpēc šīs reakcijas ir sprādzienbīstamas. Reaģējot ar metāliem, izdalās toksiskas gāzes. Slāpekļskābe apdedzina ādu, tvaiki kairina ādu un gļotādas, ieelpojot lielu daudzumu, notiek akūta saindēšanās.

Ar dažādiem metāliem slāpekļskābe reaģē ar dažādu ātrumu, kas ir atkarīgs no skābes koncentrācijas; izdalījušās gāzes (slāpekļa oksīdi, slāpekļis, amonjaks) ir toksiskas un iedarbojas smacējoši. Daži metāli uz virsmas veido ar slāpekļskābi nereaģējošu, izturīgu oksīda kārtu. Ar sērūdeņradi slāpekļskābe reaģē ar sprādzienu. Nitrāti ir stipri oksidētāji.

Slāpekļskābe, pat atšķaidīta, ir stiprs oksidētājs; 45 % un augstākas koncentrācijas šķīdumi rosina organisko vielu pašaiizdeģanos (terpentīns, koksne, salmi utt.).

Slāpekļskābes šķīdumi kairina ādu (apsarkums), bojā acis un gļotādas. Bojājumu pakāpe atkarīga no kontakta ilguma un skābes koncentrācijas. Bojājumi izpaužas dažādi: no kairinājuma līdz pat audu atmiršanai. Slāpekļskābes migla arī saēd ādu, gļotādas un bojā zobu emalju. Slāpekļskābes tvaiki vienmēr satur citus gāzveida slāpekļa savienojumus, kuru saturs ir atkarīgs no skābes koncentrācijas un reakcijas tipa.

Tvaikus ieelpojot, notiek akūta un sevišķi akūta saindēšanās. Sevišķi akūtas saindēšanās gadījumi notiek reti un ātri izraisa cietušā nāvi. Akūta saindēšanās notiek biežāk, tai ir trīs stadijas:

- augšējo elpošanas ceļu bojājumi (dedzināšana kaklā, klepus, smakšanas sajūta), acu asarošana;
- slēptā stadija, patoloģiskas pazīmes neparādās vairākas stundas;
- no jauna novērojami elpošanas ceļu funkciju traucējumi, kas ātri pāriet plaušu tūskā ar nopietnām sekām. Nonākot organismā, slāpekļskābe spēcīgi ie-

darbojas uz mutes dobumu, rīkli, barības vadu un kuņģi.

**Drošības pasākumi.** Slāpekļskābe jāglabā nerūsošā tērauda, alumīnija vai stikla traukos. Stikla traukiem jābūt aprikotiem ar metālisku sietu, lai pasargātu tos no trieciena. Stikla traukos nedrīkst glabāt slāpekļskābi ar fosforu saturošiem savienojumiem.

Noliktavas, kurās uzglabā slāpekļskābi, jāizolē no citām telpām un jāaizsargā no saules gaismas un siltuma, jābūt labai ventilācijai, cementa grīdai; noliktavās nedrīkst atrasties vielas, kas var reaģēt ar slāpekļskābi. Grīdai jābūt ar apmali, lai izlīšanas gadījumā novērstu slāpekļskābes peļķes izplatīšanos. Izlietā skābe nekavējoties jānomazgā ar ūdens strūklu. Ja izliets liels daudzums skābes, strādniekiem jāatstāj telpas, jāuzgērbj individuālās aizsardzības līdzekļi un tikai tad jālikvidē avārijas sekas. Elektroiekārtām jābūt hermētiskām un skābes izturīgām.

Visiem traukiem, kuros uzglabā slāpekļskābi, jābūt cieši noslēdzamiem, ar skaidru marķējumu un brīdinājuma zīmēm. Telpā var paredzēt atmosfēras spiediena pazemināšanu. Visas komunikācijas (caurules, blīves, slēdži, krāni) jāizgatavo no skābi izturīga materiāla.

Darbā ar slāpekļskābi strādniekiem jābūt instruētiem par apdraudējumu veselībai. Telpās jābūt kopējai un vietējai ventilācijai. Darba vietu tuvumā jābūt ugunsdzēsības hidrantiem. Atšķaidot skābi, to lej ūdenī, nepieļaujot vietēju pārkaršanu. Strādnieki jāapgādā ar acu aizsargiem, cimdiem, skābes izturīga materiāla priekšautiem.

Atstrādātu slāpekļskābi drīkst ievadīt kanalizācijā vai tekoša ūdens tilpēs tikai tad, ja pH nav lielāks par 5,5 līdz 8,5.

Ar slāpekļskābi nedrīkst strādāt cilvēki, kam ir acu, ādas, sirds vai plaušu slimības. Ja skābe nokļūst acīs, tās vismaz 15 minūtes jāmazgā ar tekošu ūdeni.

Ja ir ādas apdegumi, cietušais jāiznes no kontakta zonas, jānovelk notraipītais apģērbs, bojātās vietas jāmazgā ar 5 % trietanolamīna šķīdumu; ja skarti elpošanas ceļi, cietušais jāiznes svaigā gaisā, jāveic atdzīvināšanas paņēmieni un jānodrošina pilnīgs miers, jāizsauc ārsts. Ja skābe nokļuvusi organismā, jānodrošina neitralizējošs šķīdums (kaļķu piens, magnēzijs) un jāizsauc ārsts.

Sērskābe (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	
Molekulmasa	9
Blīvums	1,84
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	10,3 °C
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	338 °C

Bezkrāsas, eļļains šķīdums bez smakas, ar skābu garšu, šķaidāms ar ūdeni un metanolu jebkurā attiecībā. Atšķaidīšanas procesā izdalās liels siltuma daudzums.

Sērskābe ir kodīga skābe. Sildot virs 30 °C, izdalās tvaiki, virs 200 °C – sēra trioksīds. Bez sildīšanas sērskābe reaģē ar visiem metāliem, pat platīnu. Sildot reakcijas spēja palielinās. Atšķaidītā sērskābē šķīst alumīnijs, kobalts, hroms, varš, dzelzs, mangāns, niķelis, cinks; nešķīst svins un dzīvsudrabs. Sērskābe absorbē gaisa mitrumu, dehidratē organiskās vielas tās pārorgļojot; sadala visu citu skābju, izņemot

hromskābes, sāļus.

Dabā sērskābe sastopama vulkānu tuvumā, īpaši vulkāniskajās gāzēs.

Rūpnieciski sērskābi iegūst jau vairāk nekā 200 gadus. Iegūst ar kontakta paņēmienu, oksidējot  $\text{SO}_2$  ar gaisa skābekli augstā temperatūrā platīna-vanādijs katalizatora klātbūtnē.

**Izmantošana.** Sērskābe ir svarīga ķīmiskās rūpniecības izejviela. To izmanto kūpošās sērskābes – alauna – ražošanā ( $\text{SO}_3$  šķīdums sērskābē), kā arī superfosfāta, fosforskābes, etiķskābes, sālsskābes, citronskābes, minerālmēslu, titāna dioksīda, sprāgstvielu, mākslīgo šķiedru un krāsvielu ražošanā. Sērskābi izmanto arī kā dehidratējošu vielu, iegūstot ēterus un esterus; kā elektrolītu svina-skābes akumulatoros; iegūstot glikozi celulozes hidrolīzes procesā; attīrot minerāleļļas un augu eļļas; ādu rūpniecībā; karbonizējot vilnas audumus; iegūstot bromu un jodu; reģenerējot taukskābes no ziepju vārīšanas notekūdeņiem un farmācijā.

**Bīstamība.** Sērskābe ir gan kodīga, gan toksiska. Nonākot organismā šķidrā vai tvaiku veidā, sērskābe rada elpošanas ceļu gļotādas un gremošanas trakta, acu, ādas iekaisumu un ķīmisku apdegumu, noārda zobus. Nonākot uz ādas, notiek ādas atūdeņošanās, izdaloties siltumam tādā daudzumā, ka rodas pirmās, otrās un pat trešās pakāpes apdegumi, kas līdzīgi termiskajiem apdegumiem. Ieelpojot sērskābes tvaikus, sākas iesnas, šķaudīšana, dedzināšana kaklā un krūtīs, klepus, apgrūtināta elpošana, balsenes spazmas, dedzināšana acīs, asarošana un plakstu malu apsarkums. Augsta tvaiku koncentrācija izraisa asiņojošas iesnas, vemšanu, gastrītu. Raksturīga zobu saslīmšana: sāk sāpēt priekšējie zobi, tie kļūst brūni, emalja kļūst slāņaina, veidojas kariess, zobu sairšana bez sāpēm.

Vispārēja sērskābes toksiskā iedarbība uz organismu izpaužas kā skābes un sārma bilances traucējumi (acidoze), kas ietekmē nervu sistēmu (uzbudinājums, nedroša gaita, vispārējs vājums).

**Drošības pasākumi.** Visefektīvākie pasākumi ir pilnīga procesu hermetizācija un tehnoloģisko procesu mehanizācija, kas izslēdz strādājošo kontaktus ar sērskābi. Īpaša uzmanība pievēršama sērskābes uzglabāšanai, transportēšanai un darba paņēmieniem ar to, ventilācijai, darba vietu apgaismojumam un individuālās aizsardzības līdzekļiem.

Sērskābe jāuzglabā atsevišķās, labi vēdināmās, vēsās, sausās telpās ar skābes izturīgu cementa grīdu, aizsargātām no saules, attālinātām no degšanas avotiem. Skābes tvertnēm jābūt cieši aizvērtām un marķētām. Tās novieto uz paliktņiem, kuros izlīšanas gadījumā sērskābe uzkrājas. Koncentrētu skābi pie zemas temperatūras uzglabā tērauda tvertnēs, atšķaidītu – svina vai stikla traukos. Traukus ar sērskābi transportē uz ratiņiem un pārlej citos traukos ar speciālu rokas sūkni. Atšķaidot sērskābi lēni lej atšķaidītājā. pastāvīgi maisot. Ja skābe izlijusi, peļķe jāapkaisa ar smiltīm vai pelniem.

Sērskābe reaģē ar daudzām vielām, sevišķi organiskām, izdalot ļoti lielu siltuma daudzumu, kas var veicināt aizdegšanos un pat sprādzienu. Ūdeņradis, kas izdalās, skābei reaģējot ar metālu, ar gaisu veido sprāgstošu maisījumu.

Ar sērskābi strādājošajiem jālieto individuālie aizsardzības līdzekļi – brilles, sejas

aizsargs, izoprēna vai polivinilhlorīda cimdi un zābaki, skābes izturīgs kombinezons. Pēc darba beigām jāiet dušā, ķermenis jāieziež ar barojošu krēmu, mute jāpārskalo ar 2 % dzeramās sodas šķīdumu. Darbā nedrīkst pieņemt cilvēkus ar acu slimībām, elpošanas ceļu, kuņģa un zarnu trakta vai nervu sistēmas slimībām. Atstrādātas sērskābes izliešana kanalizācijā vai ūdenskrātuvēs pieļaujama tikai pēc atšķaidīšanas līdz pH 5,5 līdz 8,5.

Sālsskābe (HCl)	
Molekulmasa	36,5
Blīvums	1,19
$t_{kušanas}$	-114,8 °C
$t_{viršanas}$	-84,9 °C

Bezkrāsas vai iedzeltens šķīdums, kūp ar baltiem dūmiem, asa smaka, šķīst ūdenī, metanolā, dietilēterī, bet nešķīst ogļūdeņražos.

Hlorūdeņradim nav korozīvas īpašības, tā šķīdums ūdenī – sālsskābe – šķīdina gandrīz visus metālus (izņemot dzīvsudrabu, sudrabu, zeltu, platīnu un dažus sakausējumus), izdalot ūdeņradi. Sālsskābe ir ļoti stabila, augstā temperatūrā sadalās par ūdeņradi un hloru. Rūpniecībā lieto vairākas sālsskābes ieguves metodes:

- karsējot vārāmo sāli līdz 600 °C;
- nātrija hidrosulfātam reaģējot ar vārāmo sāli 400 °C līdz 800 °C temperatūrā;
- sadedzinot hloru ūdeņradi;
- kā blakusproduktu hlorējot organiskos savienojumus.

**Izmantošana.** Sālsskābi izmanto: ražojot minerālmēslus, krāsvielas, mākslīgās šķiedras, pigmentus; rafinējot pārtikas eļļas un taukus; miecējot ādas; attīrot ziepes; lieto arī tekstilrūpniecībā, ražojot sintētisko kaučuku, metālu kodināšanā u. c.

**Bīstamība.** Sālsskābe saēd ādu un gļotādu, reaģē ar vairumu metālu, izdalot ūdeņradi; tā ir toksiska. Atkarībā no skābes koncentrācijas ādas un gļotādu apdegumiem ir dažādas pakāpes. Apdegumu rezultātā rodas čūlas. Ja skartas acis, pasliktinās redze un pat iestājas aklums. Ja skābe nokļūst uz sejas, paliek rētas. Pēc bieža kontakta ar skābi var attīstīties dermatīts.

Sālsskābes tvaiki ir kairinoši, tie izraisa elpošanas ceļu kairinājumu, attīstās laringīts, balsenes gļotādas tūska, var pat iestāties nāve. Bieži vien novērojami gremošanas trakta darbības traucējumi, zobu nekroze (kļūst tumšāka emalja, zobi dzeltē, emalja zaudē cietību, zobi sāk kustēties un izkrist).

**Drošības pasākumi.** Tā kā sālsskābe ir ļoti korozīva, noteikti jākonstatē skābes noplūdes vieta. Noliktavu telpās jābūt labai ventilācijai un cementa grīdai, telpām jābūt pasargātām no saules un siltuma iedarbības. Skābi nedrīkst uzglabāt kopā ar metāliem vai to hibrīdiem, jo, tiem nonākot saskarē ar skābi, izdalās ūdeņradis, kas saskarsmē ar gaisu veido sprāgstošus maisījumus (4–75 %). Elektroiekārtām jābūt pret koroziju drošam izpildījumam.

Strādājot ar sālsskābi (pārkraujot, pārlejot), jālieto speciāli sūkņi un paliktņi. Visi darbi jāveic pie ieslēgtas nosūces ventilācijas. Kanalizācijā skābes atliekas var ievadīt

tikai atšķaidītas līdz pH 5,5 līdz 8,5. Strādājošo specapgērbam jābūt no skābes izturīga materiāla, ieskaitot kapuci, acu, sejas, roku, kāju un elpošanas ceļu aizsargus (autonomas vai filtrējošas gāzmaskas).

Ar sālsskābi nedrīkst strādāt cilvēki ar ādas, elpošanas ceļu un gremošanas trakta slimībām. Ja skābe nokļūst acīs, jāmazgā ar lielu ūdens daudzumu. Ja skābe nokļūst uz ādas, cietušās vietas, nenovelkot apģērbu mazgā ar ūdeni, pēc tam novelk apģērbu un ādu apstrādā ar 5 % trietanolamīna šķīdumu. Ja sālsskābe nonāk elpošanas ceļos, cietušais jāizved no bīstamās zonas un jānodod ārsta rīcībā. Ja gadās norīt skābi, cietušajam jānodod neitralizējošas vielas (magnija oksīds ar lielu daudzumu ūdens).

Fluorūdeņražskābe (HF)	
Molekulmasa	20
Blīvums	0,99 (šķidrums)
$t_{kušanas}$	-83,1 °C
$t_{viršanas}$	19,5 °C

Bezkrāsas kūpošs šķidrums, ļoti labi šķīst ūdenī. Fluorūdeņražskābi iegūst, ar sērskābi iedarbojoties uz kalcija fluorīdu.

**Izmantošana.** Fluorūdeņražskābi izmanto, ražojot fluorētus ogļūdeņražus un neorganiskos fluorīdus, attīrot dažus metālus, kā katalizatoru organiskajās reakcijās, kodinot stikla un keramikas izstrādājumus.

**Bīstamība.** Skābei ir spēcīga kodīga iedarbība, tā ir kairinoša un ļoti toksiska. Kā šķidrā, tā arī tvaiku veidā fluorūdeņražskābe rada stiprus un sāpīgus ādas un gļotādu apdegumus. Atšķaidītas skābes vai zemas koncentrācijas tvaiku radītie apdegumi sākumā var būt nesāpīgi un nepamanāmi. Ieelpojot tvaiku, rodas plaušu tūska, kuru ne vienmēr izdodas diagnosticēt pat 12–14 stundas pēc iedarbības. Deguna asiņošanu novēro metalurģiem, kuri pakļauti zemas koncentrācijas fluora un fluorīdu iedarbībai.

**Drošības pasākumi.** Fluorūdeņražskābi (70 %) uzglabā un pārvadā plastmasas konteineros, kas no iekšpuses oderēti ar gumiju. Lai novērstu saindēšanos:

- darba vietā jānodrošina laba un pastāvīga ventilācija;
- jānovērš tvaiku vai šķidrās skābes saskare ar acīm, ādu, gremošanas vai elpošanas sistēmu;
- jālieto individuālie aizsardzības līdzekļi, kas izgatavoti no skābes izturīga materiāla (polivinilhlorīda, hloroprēna kaučuka);
- jānodrošina nosūces ventilācija;
- nedrīkst pieņemt darbā cilvēkus, kam ir hroniska elpošanas ceļu saslimšana, kā arī cilvēkus ar ierobežotām fiziskām spējām;
- strādājošie jābrīdina par produkta bīstamību un jāapmāca, kā rīkoties īpašu apstākļu gadījumā;
- darba vietās jābūt dušai un tekošam ūdenim acu izmazgāšanai.

Ja skābe nonāk saskarē ar ādu, bojātā vieta nekavējoties jāmazgā ar lielu daudzumu ūdens, ātri jānovelk apģērbs. Bojātā daļa (vieta) uz 1–4 stundām jāiegremdē ar



ledu atdzesētā 70 % spirtā vai arī jāuzliek spirta komprese. Ja bojājums ir apkārt nāgam, nagu izgriez pie saknes, lai samazinātu sāpes un nodrošinātu drenāžu. Ja skābe nokļūst acīs, tās 15 minūtes jāmazgā ar lielu daudzumu tekoša ūdens un jāvēršas pie ārsta. Ja ieelpoti tvaiki, cietušais jāizved no bīstamās zonas un jānodrošina ārsta palīdzība – 4 stundas jādod elpot skābekli, pacientam nedrīkst ļaut kustēties. Ja skābe tiek norīta, jādod dzert liels daudzums ūdens, pēc tam piens.

#### Sērūdeņradis (H<sub>2</sub>S)

Molekulmasa	34
Blīvums	1,54
$t_{kušanas}$	-85,5 °C
$t_{viršanas}$	-60,7 °C
$t_{pašuzliesmošanas}$	260 °C

Bezkrāsas gāze ar raksturīgu vecu olu smaku, šķīst ūdenī, etanolā, benzīnā, petrolejā, jēlnaftā. Sērūdeņraža šķīdums ūdenī ir vāja skābe, kuras indīgumu nosaka sērūdeņraža indīgums. Sērūdeņradi iegūst, ar atšķaidītu sērskābi vai sālskābi iedarbojoties uz dzelzs sulfīdu, kā arī ūdeņradim reaģējot ar sēra tvaikiem. Sērūdeņradis izdalās, sadaloties sēru saturošām organiskajām vielām; šahtās (rūdu gāzes), kanalizācijas sistēmās utt., satopams kā blakusprodukts daudzos tehnoloģiskajos procesos, piemēram, viskozes izgatavošanā, sintezējot kaučuku un krāsvielas, ražojot cukuru.

**Izmantošana.** Sērūdeņradi izmanto, ražojot daudzus neorganiskos sulfīdus, sērskābi, sēra organiskos savienojumus; kā analītisku reagentu; lauksaimniecībā kā dezinfekcijas līdzekli.

**Bīstamība.** Sērūdeņradis ir uzliesmojoša gāze, deg ar zilu liesmu, veidojot sēra dioksīdu, gāzi ar spēcīgu kairinošu iedarbību un specifisku smaku. Sērūdeņradis ar gaisu veido sprāgstošu maisījumu. Tā tvaiki ir smagāki par gaisu un var sakrāties padziļinājumos vai izplūst pa grīdu. Sasniedzot kādu karstuma avotu, gāze var aizdegties. Sildot sērūdeņradis sadalās par ūdeņradi un sēru; sērūdeņradis, reaģējot ar oksidētājiem (slāpekļskābe), var aizdegties un pat eksplodēt. Ugunsgrēks jādzēs ar ūdeni, oglekļa dioksīdu, sausajiem pulveriem.

Pat mazā koncentrācijā sērūdeņradis konstatējams pēc raksturīgās puvušu olu smakas, ilgstošas iedarbības rezultātā veidojas pieradums un cilvēks smaku vairs nejut. Augsta koncentrācija ļoti ātri nomāc jutību pret smaku. Sērūdeņradis organismā nonāk caur elpošanas ceļiem, kur viegli oksidējas, veidojot maztoksiskus savienojumus. No organisma sērūdeņradis izdalās caur zarnu traktu, ar urīnu un izelpojot.

Vājas intoksikācijas gadījumā sākas galvassāpes, kas ilgst dažas stundas, jūtamas sāpes kājās, retos gadījumos – samaņas zudums. Ieelpojot lielu daudzumu sērūdeņraža, var iestāties nāve nosmokot, var sākties krampji (kā epilepsijas gadījumā) un samaņas zudums. Šādi simptomi raksturīgi kanalizācijas sistēmās strādājošajiem. Par intoksikāciju liecina tādi simptomi kā slikta dūša, sāpes kuņģī, atraugas ar nepatīkamu smaku, izelpai raksturīga puvušu olu smaka, caureja. Traucējumus barības vadā pavada līdzsvara zudums, reibonis, sausums un kairinājums rīklē un degunā.

Novērots arī plakstiņu uztūkums, redzes asuma zudums, konjunktivīts. Šādi simptomi tiek saukti par “gāzes aci” un ir novēroti cukurrūpniecībā strādājošajiem un asenizatoriem. Ir dati arī par nervu sistēmas traucējumiem un pat psihiskiem traucējumiem. Sērūdeņradis rada vispārēju toksisku iedarbību.

**Drošības pasākumi.** Visi procesi, kuros tiek izmantots vai izdalās sērūdeņradis, jāveic hermētiskās iekārtās. Darbiniekiem jābūt instruētiem par sērūdeņraža bīstamo iedarbību uz cilvēka organismu.

Sērūdeņradis var šķīst vai uzkrāties kanalizācijas sistēmu nosēdakās. Strādājošajiem, kam jānonāk saskarē ar sērūdeņradi, jālieto speciālas brilles, kas aizsargā no ķīmisku vielu iedarbības.

Pirms darba ar sērūdeņradi, strādājošajiem jāiziet medicīniskā apskate, nedrīkst pieņemt darbā cilvēkus, kas slimo ar acu vai nervu slimībām. Katru pusgadu jāveic atkārtota medicīniskā pārbaude. Par profesionālu saslimšanu sērūdeņraža izraisītās kaites atzītas Spānijā, Itālijā, Meksikā, Somijā, Šveicē, Japānā.

## 2.10. Nitrāti

Organiskos nitrātus parasti sauc par nitrosavienojumiem (nitrobenzols, nitroetāns, trinitrotoluols). Neorganiskie nitrāti ir slāpekļskābes sāļi ( $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ). Šo savienojumu toksiskumu nosaka metāla toksiskums.

**Bīstamība.** Tāda tipa neorganiskie nitrāti kā amonija salpetris ( $\text{NH}_3\text{NO}_3$ ) ir sprāgstvielas, arī stipri oksidētāji un strauji reaģē ar reducētājiem; sadaloties var rasties toksiski dūmi. Organismā nitrāti pārveidojas par nitrītiem, paātrinot methe-moglobīna veidošanos. Akūta saindēšanās parasti nenotiek strādājot ar nitrātiem, bet gan patērējot nitrātus saturošu barību vai ūdeni. Profesionāla saindēšanās var notikt ķīmiskajā rūpniecībā vai juvelier rūpniecībā.

Saindēšanās simptomi: vemšana, caureja, sāpes zem lāpstiņām, krampji un samaņas zudums, āda kļūst zilgana. Hroniskas saindēšanās gadījumā (ar  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) rodas bojājumi deguna šķērssiēnā.

## 2.11. Sārmi

Sārmi ir sārmu metālu hidroksīdi, vielas, kas satur OH grupu.

Litija hidroksīds (LiOH)	
Molekulmasa	
Blīvums	1,46
$t_{\text{kušanas}}$	462 °C
$t_{\text{viršanas}}$	925 °C (sadalās)

Bezkrāsas kristāli, labi šķīst ūdenī. Iegūst elektrolizējot litija hlorīda šķīdumu.

**Izmantošana.** Litija hlorīdu izmanto kā elektrolītu sārma akumulatoros, kā piedevu ziežvielās, zemūdenēs un gāzmaskās kā oglekļa dioksīda uztvērēju.

**Bīstamība.** Kairinoša iedarbība uz ādu un gļotādām, var radīt čūlas uz ādas un

deguna gļotādas. Nonākot organismā, neveido kompleksus ar olbaltumvielām, viegli pāriet visos organisma šķidrumos un ātri tiek izvadīts no organisma ar urīnu.

**Drošības pasākumi.** Elpošanas orgāni jāaizsargā no putekļiem, roku āda jāaizsargā ar cimdkiem, seja ar aizsargbrillēm vai sejsēgu.

Nātrijs hidroksīds (NaOH)	
(kaustiskā soda, kodīgais nātrijs)	
Molekulmasa	40
Blīvums	2,13
$t_{kušanas}$	320 °C
$t_{viršanas}$	1378 °C

Balta kristāliska viela, šķīst ūdenī. Izmanto ražojot mākslīgās šķiedras, papīra rūpniecībā un tekstilrūpniecībā, ražojot ziepes, attīrot katlus no katlakmens, attīrot naftas produktus, farmācijā un ķīmiskajā rūpniecībā.

**Bīstamība.** Iedarbojas uz organisma audiem tos apdedzinot, šķīdina olbaltumvielas veidojot albuminātus. Nonākot uz ādas vai gļotādas veidojas mīksta irdena virsmas struktūra, iekļūst dziļi audos. Pēc apdegumiem veidojas rētas. Šķīdumi iedarbojas spēcīgāk, jo augstāka ir temperatūra un šķīduma koncentrācija. Pie pastāvīga kontakta ar nātrija hidroksīdu uz pirkstiem veidojas čūlas, pēc tam dziļāki ievainojumi, sākas svīšana. Darbiniekiem, kas strādā ar karstiem šķīdumiem, uzbriest roku ādas raga slānis, parādās tā sauktās “veļas mazgātāja rokas”. Uz pirkstu locītavām veidojas ekzēma, nagi kļūst mīksti un slāņojas. Strādājošiem ādu miecētāvās, kur ir saskare ar hroma savienojumiem, ir īpaša jutība pret nātrija hidroksīdu. Īpaši bīstama ir nātrija hidroksīda iekļūšana acīs; tiek bojāta ne tikai radzene, bet, nātrija hidroksīdam strauji nonākot dziļāk acī, tiek skarti acs dziļākie slāņi, pat izraisot aklumu.

**Drošības pasākumi.** Nātrija hidroksīdam nonākot uz ādas, tā nekavējoties vismaz 10 minūtes jāmazgā ar lielu daudzumu ūdens, pēc tam jāpieliek tamponi ar 5 % etiķskābes, citronskābes vai sālsskābes šķīdumu. Ja nātrija hidroksīds nokļuvis acīs, tās 15 līdz 30 minūtes jāmazgā ar spēcīgu ūdens strūklu. Specapģērbam jābūt no blīva auduma, jālieto gumijas cimdi, uzroči, priekšauti, speciālie apavi. Rokas jāieziež ar speciālu aizsargkrēmu. Līdzīgi veicami visi pasākumi, strādājot arī ar kālija hidroksīdu.

Kalcija hidroksīds Ca(OH) <sub>2</sub>	
(dzēstie kaļķi)	
Molekulmasa	74
Blīvums	2,24

Šķīst ūdenī un labi uzsūc ogļskābo gāzi. Iegūst termiski sadalot kaļķakmeni un pēc tam dzēšot ar ūdeni. Ar nelielu ūdens daudzumu (līdz 33 %) iegūst sausu pulveri, ar lielu ūdens daudzumu – pastveida masu (kaļķa mīklu), duļķes (kaļķu pienu) vai šķīdumu (kaļķūdeni). Dzēšanas procesā izdalās siltums.

**Izmantošana.** Kalcija hidroksīdu izmanto cementa ražošanā, cukura un ādu rūpniecībā, pārtikas rūpniecībā, ražojot stiklu un saistvielas lauksaimniecībā, attīrot notekūdeņus.

**Bīstamība.** Putekļi un šķīduma pilieni kairina gļotādas, izraisot šķaudīšanu un klepu. Īpaši bīstams ir kalcija oksīds, kas, līdzīgi sārnam uzsūc taukus un ādas mitrumu, šķīdina olbaltumvielas, kairina un apdedzina audus. Stipri kairina acu gļotādu. Ieelpojot kaļķu putekļus rodas plaušu iekaisums. Ar  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  strādājošiem uz ādas bieži vien sākumā parādās mezgliņi, kas pārklāti ar tumšu kārtiņu, pēc tam tie pāriet stingri norobežotās, ļoti sāpīgās čūlās. Var rasties ekzēma ar pastiprinātu šķīduma izdalīšanos. Hroniskas iedarbības rezultātā parādās ādas sausums, tā kļūst cieta, plaisā, lobās. Nagi kļūst trausli ar šķērsplaisām. Nonākot acīs, apsarkst un uz-tūkst plakstiņi.

**Drošības pasākumi.** Elpošanas ceļu aizsardzība, specapgērbs no putekļu izturīga auduma, cimdi, hermētiskas, putekļus aizturošas brilles, jālieto barojoši krēmi. Pēc darba obligāti jāmazgājas dušā.

Ieelpojot kalcija hidroksīda putekļus, jāveic ūdens tvaiku inhalācija; ūdenim pievieno dažus citronskābes kristālus. Ja kalcija hidroksīds iekļuvis acīs, 10 līdz 30 minūtes jāmazgā ar ūdeni, pēc tam ar 5 %  $\text{NH}_4\text{Cl}$  šķīdumu.

## 3.

## ORGANISKĀS VIELAS

## Alifātiskie ogļūdeņraži

Alifātiskie ogļūdeņraži ir savienojumi, kuros ogleklis savienots ar ūdeņradi vaļējā ķēdē; tie var būt piesātināti un nepiesātināti, sazaroti un nesazaroti. Tos iedala:

- parafīni (alkāni) – piesātinātie ogļūdeņraži;
- olefīni (alkēni) – nepiesātinātie ogļūdeņraži ar vienu vai vairākām dubultajām saitēm;
- acetilēni (alkīni) – nepiesātinātie ogļūdeņraži ar vienu vai vairākām trīskāršām saitēm.

Vispārējā alkānu formula –  $C_nH_{2n+2}$ ; alkēnu –  $C_nH_{2n}$ ; alkīnu –  $C_nH_{2n-2}$ .

Alifātiskie ogļūdeņraži ar oglekļa atomu skaitu virknē  $C_1$ – $C_4$  istabas temperatūrā ir gāzes;  $C_5$ – $C_{16}$  – homologiskās rindas locekļi – šķidrums; lielmolekulārie ogļūdeņraži (vairāk par  $C_{16}$ ) istabas temperatūrā ir cietas vielas. Alifātiskos ogļūdeņražus iegūst no jēlnaftas (ogļūdeņražu maisījuma) pārdestilējot, frakcionējot un krekējot.

Metāns ( $CH_4$ ) – zemākais homologs, no tā sastāv (85 %) dabas gāze, kuru atsūknē naftas iegulu tuvumā. Pentānu  $C_5H_{12}$  iegūst, pārdestilējot dabas gāzi.

**Izmantošana.** Alkānu izmanto kā kurināmo, ziežvielas, šķīdinātājus, bet pēc alkilēšanas reakcijas, izomerizācijas un dehidrēšanas – kā izejvielu sintezējot krās-  
vielas, aizsargpārklājumus, plastmasas, sintētisko kaučuku un gumiju, pesticīdus, sintētiskos mazgāšanas līdzekļus u. c. produktus.

Kurināmais, ziežvielas un šķīdinātāji ir dažādu ogļūdeņražu maisījums. Dabas gāzi ilgu laiku izmantoja bez apstrādes. Tagad gāzi sašķidrīna atdzesējot zemāk par kritisko temperatūru un sašķidrīnātā veidā uzglabā līdz ievadišanai pilsētas gāzes sadales tīklā. Sašķidrīnātu naftas gāzi, kas sastāv galvenokārt no propāna un butāna, transportē un uzglabā zem spiediena. Ar to papildina arī pilsētas gāzes krājumus, ko izmanto gan apkurei, gan rūpnieciskām vajadzībām. Piemēram, to bieži izmanto augstas raudzes metāla kausēšanai, kad nepieciešams kurināmais bez sēra piemaisījuma, vai veicot metināšanas darbus.

Zemākos homologus, sākot ar heptānu ( $C_7H_{16}$ ), izmanto kā motordegvielu un šķīdinātāju. Augstas tīrības ogļūdeņražus izmanto ķīmiskajā sintēzē.

**Bīstamība.** Šie ogļūdeņraži ir ugunsbīstami un sprādzienbīstami. Tie kaitīgi iedarbojas uz veselību. Lielajās dabas gāzes krātuvēs gāzes noplūdes gadījumā var notikt spēcīgi sprādzieni un ugunsgrēki. Gāzes un gaisa ugunsnedroši maisījumi var izplatīties lielos attālumos. Līdz ar to aizdegšanās gadījumā liesmas izplatās ļoti lielās platībās un tām ir sprādziena spēks. Mazāka iespēja eksplodēt un aizdegties ir gadījumos, kad tiek strādāts ar gāzveida ogļūdeņražiem.

Izmantojot šķīdros alifātiskos ogļūdeņražus kā motoru degvielu vai šķīdinātāju, arī rodas bīstamība, jo to tvaiki ir sprādzienbīstami. Gāzu noplūde var rasties bojātu ventiļu, cauruļvadu un rezervuāru dēļ. Daudzi nelaimes gadījumi notikuši remon-

tējot tilpnes, kurās palikušas vieglo naftas produktu frakciju atliekas, īpaši veicot metināšanas darbus.

Homoloģiskās rindas divi pirmie locekļi – metāns ( $\text{CH}_4$ ) un etāns ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ) – ir farmakoloģiski inerti. Tie pieskaitāmi gāzēm, kas izraisa nosmakšanu.

Šīs gāzes var būt darba vides gaisā diezgan lielā daudzumā un neiedarboties kaitīgi uz cilvēka organismu. Ja to koncentrācija ir tik liela, ka samazinās normālais skābekļa saturs, sākas smakšana. Metānam nav smakas, mazā blīvuma dēļ tas var sakrāties slikti vēdināmās zonās.

Farmakoloģiski etāna atvasinājumi pieskaitāmi centrālās nervu sistēmas depresantiem. Šai klasei atbilst: etilspirts ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ), acetons [ $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$ ], dietilēteris [ $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$ ]. Šo ogļūdeņražu tvaiki nedaudz kairina gļotādu. Spēja izraisīt kairinājumu pieaug no pentāna  $\text{C}_5\text{H}_{12}$  līdz oktānam  $\text{C}_8\text{H}_{18}$ . Šķidrie parafīnu rindas ogļūdeņraži šķīdina taukus līdz ar to izraisa ādas kairinājumu. Sistemātiski saskaroties ar šīm vielām, āda kļūst sausa, attaukota, tiek kairināta, attīstās dermatīts. Ieelpojot šķidro ogļūdeņražu tvaikus, rodas ķīmiskā pneimonija, plaušu tūska, asiņošana. Toksiskā intoksikācija rada polineirītu.

Propāns ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ) nelielā koncentrācijā un īslaicīgā iedarbībā kaitīgu iedarbību neizraisa, pie aptuveni 10 % koncentrācijas pēc dažām minūtēm sāk viegli reibt galva.

Butāns ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ), iedarbojoties 10 minūtes, izraisa vieglu reiboni bez turpmākām kaitīgām sekām.

Pentāns ( $\text{C}_5\text{H}_{12}$ ), zemākais šķidro alifātisko ogļūdeņražu homologs, 10 minūšu laikā kaitīgu iedarbību neizraisa.

Heksāns ( $\text{C}_6\text{H}_{14}$ ) ir trīs reizes toksiskāks par pentānu. Izmantojot heksānu kā šķīdinātāju (detaļu līmēšanai, laminēšanai ar polietilēnu, farmācijā), parādās roku un kāju vājums, samazinās temperatūras jutīgums, palēninās un pasliktinās pirkstu kustības, reibonis un grūļa gaita. Ilgstoši iedarbojoties, heksāns izraisa: vieniem stipru uzbudinājumu, citiem gluži pretēji – sastingumu, kas ilgst pat 30 minūtes. Šie simptomi izpaužas vai nu uzreiz, vai arī pēc kāda laika, kad cilvēks jau atstājis darba zonu. Var būt apetītes zudums, slikta dūša, benzīna garša mutē vairākas stundas. Alkānu toksiskums pieaug, palielinoties oglekļa atomu skaitam molekulā. Nesazarotie alkāni ir toksiskāki nekā sazarotie izomēri. Oktānam ir narkotiska iedarbība.

**Drošības pasākumi.** Uzglabājot un izmantojot alifātiskos ogļūdeņražus, jāievēro:

- ugunsdrošības noteikumi;
- sprādziendrošības noteikumi;
- veselības aizsardzības noteikumi.

Visvairāk nelaimes gadījumu notiek šķidrumiem noplūstot, jo izlietas peļķes ātri iztvaiko. Obligāti jābūt avārijas krāniem un aizbīdņiem, lai tos varētu noslēgt, ja gadījumā notiek cauruļvadu vai krānu bojājumi. Ugunsnedrošās zonās jābūt ugunsdzēsšanas līdzekļiem.

Pirms metināšanas darbiem rezervuāri un cisternas jāattīra no uzglabājamā produkta paliekām un jāizpūš ar tvaiku. Veselībai nekaitīgus darba apstākļus nodrošina laba ventilācija. Remontējot reaktorus vai rezervuārus, jāpārlicinās, vai tajos nav liela ogļūdeņražu koncentrācija, kas var izraisīt samaņas zaudēšanu un pat nāvi.

## Olefīni (alkēni) $C_nH_{2n}$

Savienojumi ar divkāršām saitēm.

**Iegūšana.** Daudzus monoalkēnus iegūst naftas termiskā vai katalītiskā krekinga procesā. Smagākos alkēnus var izdalīt no krekinga produktu šķidrajām frakcijām. Dažus alkēnus var iegūt, krekējot parafīnu.

**Izmantošana.** Alkēnus izmanto tāpat kā nepiesātinātos ogļūdeņražus, tie ir reakcijas spējīgas izejvielas daudzu ķīmisku vielu un polimēru ražošanā.

**Bīstamība.** Bīstamība veselībai, ugunsbīstamība, sprādzienbīstamība.

Rindas zemākie locekļi – elēns, propēns, butēns – istabas temperatūrā ir gāzes. Maisījumā ar gaisu tās ir īpaši uguns- un sprādzienbīstamas. Nākamie rindas locekļi – gaistoši, viegli uzliesmojoši šķidrumi, to tvaiki kopā ar gaisu istabas temperatūrā veido sprādzienbīstamus maisījumus. Ar gaisu var veidoties organiskie peroksīdi. Pieaugot to koncentrācijai un paaugstinoties temperatūrai, var notikt sprādziens. Lielākajai daļai diēnu pievieno inhibitorus, lai kavētu peroksīdu rašanos.

Alkēnu toksiskums ir neliels. Līdzīgi saviem piesātinātajiem analogiem, alkēniem ir viegli smacējoša iedarbība.

Pieaugot molekulmasai, pieaug to narkotiskā un kairinošā iedarbība, daudz izteiktāka nekā piesātinātajiem analogiem. Etēnu, propēnu, pentēnu izmanto ķirurģijā kā narkotikas, tā kā šīs vielas tiek lietotas lielā koncentrācijā (60 % un vairāk), tad tās tiek nozīmētas kopā ar skābekli. Diēniem ir spēcīgākas narkotiskās īpašības un tie vairāk kairina gļotādas (īpaši acis).

Lai gan alkēni ir gandrīz nekaitīgi, tomēr jāseko, lai darba vidē nepieļautu skābekļa satura samazināšanos, kas var izraisīt smakšanu. Lai nenotiktu sprādziens, alkēna koncentrācija gaisā nedrīkst pārsniegt 20 % no zemākās eksplozijas robežas.

**Drošības pasākumi.** Jāievēro tie paši drošības pasākumi kā darbā ar alkēniem.

## 4. HALOGĒNAIZVIETOTIE ALIFĀTISKIE OĢĻŪDEŅRAŽI

Halogēnaizvietotos oġļūdeņražus klasificē:

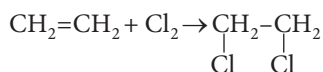
- pēc pamattēzes uzbūves:
  - ▶ piesātinātie un nepiesātinātie oġļūdeņraži;
  - ▶ halogēnaizvietotie alkāni (parafīni), alkēni, diēni;
- pēc aizvietojošā halogēna tipa (fluorītu, hlorītu, bromīdu, jodīdu);
- pēc aizvietoto atomu skaita (mono-, di- utt.).

Jo lielāka savienojuma molekulmasa un smagāks ievadītais halogēns, jo augstāka halogēnsaturošā savienojuma viršanas temperatūra.

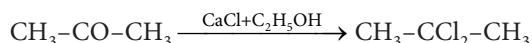
Istabas temperatūrā gāzveida vielas ir: fluorītie alifātiskie oġļūdeņraži (ieskaitot dekafluorbutānu), hlormetāns, dihlormetāns, hlortetāns, brommetāns. Savienojumi ar lielāku molekulmasu ir šķīdri, augsti halogēnīti savienojumi tādi kā tetra-  
brommetāns, trijodmetāns ir cietas vielas.

Daudzi no halogēnītajiem savienojumiem ir ar asu, nepatīkamu smaku, kuru vairākkārt pastiprina ievadītā halogēna raksturs. Hloroformam un citiem etāna un propāna halogēnaizvietotajiem oġļūdeņražiem ir ilgi negaistoša, salkana smaka.

**Iegūšana.** Hlorētās oġļūdeņražus parasti iegūst no nepiesātinātajiem oġļūdeņražiem reakcijā ar hloru vai hlorūdeņradi:



vai arī hlorkaļķiem reaģējot ar spirtiem, aldehīdiem vai ketoniem



Var izmantot arī citas metodes. Dažreiz, lai iegūtu vajadzīgo savienojumu, jāizmanto daudzstadiju procesi. Bromēšana notiek analogi.

Joda un fluora atvasinājumu iegūšanai izmanto citas metodes (elektrolītiskā jodoforma iegūšana; fluorētā oġļūdeņraža iegūšana, aizvietojojot hlora atomu ar fluoru).

**Izmantošana.** Halogēnaizvietotos oġļūdeņražus plaši izmanto kā šķīdinātājus:

- trihlormetānu  $\text{CHCl}_3$ , tetrahloroglekli  $\text{CCl}_4$  – sausai ķīmiskai tīrīšanai un metālu virsmas sagatavošanai pirms krāsošanas;
- dihlortetānu  $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$  minerāleļļu rafinēšanai;
- polimēru sintēzei
  - ▶ vinilhlorīds → polivinilhlorīds;
  - ▶ tetrafluoretilēns → politetrafluoretilēns;
  - ▶ hloroprēns → sintētiskais kaučuks.



Grupas zemākie locekļi (hlormetāns, fluorogļūdeņradis) plaši izmantojami kā aukstuma aģenti un maztoksiskas pildvielas aerosolos.

Halogēnatvasinājumus plaši izmanto kā ķīmiskos starpproduktus (alkilējošie re-aģenti vai halogēnu aizvietojo ar citām reakcijas spējīgām grupām). Daži halogēnatvasinājumi izmantojami kā anestēzijas līdzekļi (hloroforms, hloretāns, bromhlortrifluoretāns), citi – kā piedevas kurināmajam vai ziežvielām (dibrometāns, hlorētie parafīni).

**Bīstamība.** Halogēnaizvietoto oglūdeņražu iegūšana un izmantošana saistīta ar vairākām nopietnām problēmām. Tikai augstākie šīs rindas savienojumi ir nedegoši un nav sprādzienbīstami, daži no tiem neuztur degšanu, tādēļ izmantojami ugunsdzēsīšanai. Zemākie homologi, tieši pretēji, ir degoši un ar gaisu pat veido sprāgstošos maisījumus (2-hlorpropēns  $\text{CH}_3\text{-CHCl-CH}_3$ ; dihloretēns).

Veselībai kaitīgas vielas veidojas halogēnaizvietotajiem oglūdeņražiem destrukturizējoties.

Halogēnsavienojumi ir bīstami gan visam organismam, gan atsevišķiem cilvēka orgāniem. Īpaši bīstami ir tā sauktie “attālinātie” efekti (kancerogēni, mutagēni), kā arī iedarbība uz nervu sistēmu un dzīvībai svarīgiem iekšējiem orgāniem (aknas).

Dažādu savienojumu toksiskums ievērojami atšķiras, kaut gan to strukturālā uzbūve ir līdzīga. Sevišķi atšķirīgs toksiskums ir pēc struktūras tuviem nepiesātinātajiem halogēnatvasinājumiem, piemēram, oktafluorizobutilēns daudzkārt kairinošāks nekā izomērs oktafluor-2-butēns. Halogēnatvasinājumi kairina plaušas (alilhlorīds), acu gļotādu, izraisot asarošanu (oglekļa tetrabromīds  $\text{CBr}_4$ ). Halogēnaizvietoto oglūdeņražu izraisītās saslīmšanas lielākoties pāriet pašas no sevis, tikai ilgstoša iedarbība rada nopietnas sekas (acu radzenes bojājumi). Daži savienojumi sevišķi bīstami bojātai ādai, rodas apsarkums, čūlas un ādas apgabalu atmiršana pat pie īslaicīgas iedarbības (1,2-dibrometāns  $\text{CH}_3\text{-Br-CH}_3\text{Br}$ , 1,3-dihlorpropāns  $\text{CH}_2\text{-Cl-CH}_2\text{-CH}_2\text{Cl}$ ). Kā visi labi šķīdinātāji, halogēnatvasinājumi sausina ādu, tā kļūst plāna un plaisā.

Daži alkēni un to īpašības

Nr.p.k.	Vielā	Uzbūve	Molekulmasa	Blīvums	$t_{\text{kušanas}}$	$t_{\text{viršanas}}$	$t_{\text{uzliesmošanas}}$	Eksplozijas robeža,%	$t_{\text{pašuzliesmošanas}}$
1	Etēns etilēns	$\text{CH}_2=\text{CH}_2$ Bezkrāsas gāze ar saldu smaku	28	0,61	-169	-104		3,1-3,6	+450
2	Propēns propilēns	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$ Bezkrāsas gāze	42	0,58	-185	-47,8	108	2,0-11,1	+497
3	Butēns-1	$\text{CH}_3\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$ Bezkrāsas gāze ar nelielu smaku	56	0,66	-185,3	-6,3	108	1,6-9,3	+384
4	Pentēns-1	Bezkrāsas šķidrums ar nepatīkamu smaku							
5	Heksēns-2	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$ bezkrāsas šķidrums	84	0,67	-139,9	68	-7		
6	Heptēns-2	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2$ Bezkrāsas šķidrums	98	0,7	-10	98	-1		+375
7	Butadiēns-1,3	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$ Bezkrāsas šķidrums	54	0,62	-113	-4,4	-76	2,0-11,5	+429
8	2-metilbutadiēns - 1,3-propēns	$\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{CH}=\text{CH}_2$	68	0,68	-146,7	34	-54		+220

Jau sen zināms, ka hlороforms, tetrahlorogleklis ir kancerogēnas vielas. Tagad pie kancerogēnām vielām pieskaita arī vinilhlorīdu, metiljodīdu, trihlormetānu, tribrommetānu u. c.

Mutagēnas vielas ir 2-hlor-1,3-butadiēns (hloroprēns), 2-brom-2-hlor-1,1,1-trifluormetāns (galotāns).

Visbīstamāk halogēnaizvietoto ogļūdeņražu iedarbība skar centrālo nervu sistēmu, izraisot reibumu, uzbudinājumu un pēc tam arī narkozi. Tādēļ šīs vielas izmanto ne tikai kā antiseptikas, bet arī kā narkotikas (īpaši jaunatne). Daži savienojumi izraisa dziļu narkozi, daži vāju, taču pie lielām devām pat iespējams letāls iznākums, jo tiek traucēts elpošanas process un var apstāties sirds. Daži savienojumi (hlor- vai brommetils un citi bromā vai joda savienojumi), īpaši atkārtotas vai hroniskas iedarbības rezultātā, izraisa galvassāpes, sliktu dūšu, kustību koordinācijas, runas un redzes traucējumus, krampjus, paralīzi, murgus, apātiju vai pārmērīgu aktivitāti. Šādos gadījumos atveseļošanās notiek ļoti lēni vai arī saglabājas noturīgi smadzeņu bojājumi. Tiek skarta arī perifērā nervu sistēma.

Visi halogēnatvasinājumi kaitīgi iedarbojas uz aknām un nierēm, turklāt simptomi neparādās uzreiz – aizkavēts efekts.

Akūtai intoksikācijai ir divas stadijas:

- narkotiska iedarbība;
- dažādu orgānu sasilšanas simptomi, kas parādās pēc vairākām dienām (piemēram, dzelte).

No visiem plaši lietotajiem halogēnoglūdeņražiem vistoksiskākais ir tetrahlorogleklis ( $\text{CCl}_4$ )

#### 4.1. Svarīgākie hlorētie alkāni

Hloretāns ( $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$ )	
Molekulmasa	64,5
Blīvums	0,92
$t_{\text{kušanas}}$	-139 °C
$t_{\text{viršanas}}$	12,3 °C
Eksplozijas robeža	3,8 % līdz 15,4 %
$t_{\text{pašuzliesmošanas}}$	510 °C

Gāze ar raksturīgu ētera smaku. Hloretānu jau sen lieto kā anestēzijas līdzekli (vietējai un vispārējai narkozei). Ieelpojot mazā koncentrācijā (0,1 %) narkozes pazīmju nav, pie 2–4 % ātri vien zūd kustību koordinācija, sāpju sajūta un samaņa. Kairinājums parasti neliels, cieš tikai acu gļotāda. Pasliktinās asinsrite, tiek traucēta elpošana, tāpēc hloretānu reti lieto vispārējai narkozei. Hloretāns uzsūcas organismā caur gļotādām un veselu ādu, tiek izvadīts caur plaušām. Šķidr hloretāns var apsaldēt ādu, tas bīstams acīm. Radzenes bojājumi rodas nevis apsaldēšanas dēļ, bet gan hloretānam šķīstot radzenē. Hloretāna lietošanu galvenokārt apgrūrina tā uguns- un sprādzienbīstamība.

**Pentahloretāns (CHCl<sub>2</sub>-CCl<sub>3</sub>)**

Molekulmasa	202,5
Blīvums	1,67
$t_{\text{kušanas}}$	-29 °C
$t_{\text{viršanas}}$	161 °C

Bezkrāsas šķidrums ar salkanu smaku (līdzīgi hloroformam), kas jūtama pie lielākām koncentrācijām nekā tās, kas jau izraisa vispārēju intoksikāciju.

Pentahloretānam ir stiprāka narkotiskā iedarbība uz centrālo nervu sistēmu nekā hloroformam. Kairina acu gļotādu un augšējos elpošanas ceļus. Hroniska iedarbība izraisa aknu, nieru un plaušu saslimšanu.

**Heksahloretāns (CCl<sub>3</sub>-CCl<sub>3</sub>)**

Molekulmasa	237
Blīvums	2,1
$t_{\text{kušanas}}$	-186,6 °C (sublimējas)

Bezkrāsas kristāli ar kampara smaku. Narkotika, bet tā kā tā ir cieta viela, tad ieelpojot iedarbība uz centrālo nervu sistēmu nav liela. Putekļi un tvaiki izraisa acu plakstiņu spazmas, asarošanu, acis baidās gaismas, gļotādu apsarkumu. Hroniska iedarbība izraisa aknu un citu orgānu saslimšanu.

1-hlorpropāns, 2-hlorpropāns, 1,2-dihlorpropāns ir bezkrāsas šķidrums ar narkotisku iedarbību. Hroniska iedarbība izraisa nieru un aknu saslimšanu.

**1,2,3-trihlorpropāns**

Molekulmasa	147,5
Blīvums	1,39
$t_{\text{kušanas}}$	-14,7 °C
$t_{\text{viršanas}}$	156,2 °C
$t_{\text{pašuzliesmošanas}}$	82,2 °C
Eksplozijas robeža	3,2 % līdz 12,6 %

Bezkrāsas šķidrums ar stipru skābes smaku. Jau pie 0,01 % koncentrācijas jūtama nepatīkama smaka, tiek kairinātas gļotādas, kairinājums kaklā, ilgstoša iedarbība bojā aknas. Attālināta iedarbība – kancerogēns.

## 4.2. Nepiesātinātie ogļūdeņraži

### 1,2-dihloretilēns (CHCl=CHCl)

Molekulmasa	97
Blīvums	1,27
$t_{\text{kušanas}}$	-80,5 °C
$t_{\text{viršanas}}$	59 °C
$t_{\text{uzliesmošanas}}$	4 °C
$t_{\text{pašuzliesmošanas}}$	450 °C
Eksplozijas robeža	9,7 % līdz 12,8 %

Bezkrāsas gāze, veidojas termiski sadaloties trihloretilēnam. Intoksikācija var būt ar letālu iznākumu. Turklāt saindēšanās izpaužas pēc ~3 dienām: slikta dūša, galvas sāpes, sāpes žokļos, smadzeņu tūska (seko nāve).

### 1,3-dihlorpropēns (CH<sub>2</sub>Cl-CH=CHCl)

Molekulmasa	111
Blīvums	1,22
$t_{\text{viršanas}}$	107 °C
$t_{\text{uzliesmošanas}}$	35 °C

Bezkrāsas šķidrums ar narkotisku iedarbību. Saskaroties ar veselu ādu, veido čūlas.

### 1,2-dihlor-2-propēns (CH<sub>2</sub>=CCl-CH<sub>2</sub>Cl)

Molekulmasa	111
$t_{\text{viršanas}}$	94 °C

Bezkrāsas šķidrums, nomāc centrālo nervu sistēmu, spēcīgi kairina ādu.

### Heksahlorpropēns (CCl<sub>3</sub>-CCl=CCl<sub>2</sub>)

Molekulmasa	249
$t_{\text{viršanas}}$	209 °C

Bezkrāsas šķidrums, minimāla narkotiska iedarbība, kairinošs un bojā aknas.

### 1-hlor-2-butēns (CH<sub>3</sub>CH=CH-CH<sub>2</sub>Cl)

Molekulmasa	90,5
Blīvums	0,93
$t_{\text{viršanas}}$	80 °C
Eksplozijas robeža	4,2 % līdz 19 %

Bezkrāsas šķidrums, narkotika, rada kairinājumu, viegli uzsūcas caur veselu ādu.

**1,3-dihlor-2-butēns ( $\text{CH}_2\text{Cl}-\text{CH}=\text{CCl}-\text{CH}_3$ )**

Molekulmasa	125
$t_{\text{viršanas}}$	123 °C
$t_{\text{uzliesmošanas}}$	26,7 °C

Bezkrāsas šķidrums, viegla narkotika, kairinošs, iekšējos orgānus neapdraud.

**1,4-dihlor-2-butēns ( $\text{CH}_2\text{Cl}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2\text{Cl}$ )**

Molekulmasa	125
Blīvums	1,18
$t_{\text{kušanas}}$	1 °C līdz 3 °C
$t_{\text{viršanas}}$	152 °C

Divi izomēri (cis- un trans- forma); abi izomēri bezkrāsas šķidrums, kairinoši, uz veselas ādas veido tūlznas. Transizomērs ir kancerogēns.

**1,3-dihlor-2-metilpropēns ( $\text{CH}_2\text{Cl}-\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CHCl}$ )**

Molekulmasa	125
$t_{\text{viršanas}}$	130 °C

Bezkrāsas šķidrums, kairinošs, bojā aknas.

**2,3-dihlor-butadiēns-1,3 ( $\text{CH}_2=\text{CCl}-\text{CCl}=\text{CH}_2$ )**

Molekulmasa	125
$t_{\text{viršanas}}$	98 °C

Bezkrāsas šķidrums, uz aknām un veselu ādu neiedarbojas, mazāk kairinošs nekā hloroprēns.

**Heksahlorbutadiēns-1,3 ( $\text{CCl}_2=\text{CCl}-\text{CCl}-\text{CCl}_2$ )**

Molekulmasa	261
$t_{\text{viršanas}}$	215 °C
$t_{\text{pašuzliesmošanas}}$	610 °C

Viskozs bezkrāsas šķidrums, narkotika, kairinošs, izraisa pārmaiņas aknās, nierēs un virsnieru dziedzerī. Kancerogēns un kaitīgs embrijam.

### 4.3. Bromētie alifātiskie ogļūdeņraži

#### Piesātinātie

Dibrommetāns $\text{CH}_2\text{Br}_2$	
Molekulmasa	174
Blīvums	2,48
$t_{\text{viršanas}}$	97 °C

Bezkrāsas vai iedzeltens šķidrums, narkotiska iedarbība, bojā nieres. Strādnieki sūdzas par galvassāpēm, reiboņiem, muskuļu sāpēm, apetītes zudumu, novājēšanu, aknu palielināšanos un sāpēm, zemu asinsspiedienu, traucētu nieru darbību.

Tribrommetāns ( $\text{CHBr}_3$ )	
Molekulmasa	253
Blīvums	2,89
$t_{\text{kušanas}}$	6 °C līdz 7 °C
$t_{\text{viršanas}}$	149 °C

Bezkrāsas smags šķidrums ar hloroforma smaku, salda garša.

Bromoforma toksiskumu noteikt ļoti grūti, ilgu laiku to lietoja kā nomierinošu līdzekli un pret klepu. Tribrommetāna tvaiki iedarbojas kā narkotika, kairina elpošanas ceļu gļotādu, izraisa acu asarošanu un siekalošanos, skar aknas un nieres. Uzsūcas caur veselu ādu.

Oglekļa tetrabromīds ( $\text{CBr}_4$ )	
Molekulmasa	332
Blīvums	3,42
$t_{\text{kušanas}}$	94 °C
$t_{\text{viršanas}}$	189,5 °C

Bezkrāsas monoklīnas formas kristāli, sadaloties dzeltē. Kairina acu gļotādu, lielā koncentrācijā izraisa plaušu tūsku.

Brommetāns ( $\text{CH}_3-\text{CH}_2\text{Br}$ )	
Molekulmasa	109
Blīvums	1,45
$t_{\text{kušanas}}$	-119 °C
$t_{\text{viršanas}}$	38 °C
$t_{\text{uzliesmošanas}}$	16 °C
Eksplozijas robeža	6,7 % līdz 11,3 %
$t_{\text{pašuzliesmošanas}}$	511 °C

Gaistošs bezkrāsas, reizēm iedzeltens šķidrums ar ētera smaku. 3 % līdz 10 % brommetāna tvaiki izraisa narkozi, izmanto vispārējai anestēzijai. Kairina elpoša-

nas ceļus, bojā centrālo nervu sistēmu, sirdi, zarnas, aknas, nieres. Toksiskāks nekā hloretāns.

Bīstams strādājot, rada miegainību, reiboņus, nogurumu, grīļīgu gaitu, runas traucējumus, tātad ir inde nervu sistēmai.

<b>1,1,2-tetrabrommetāns (CHBr<sub>2</sub>-CHBr<sub>2</sub>)</b>	
Molekulmasa	346
Blīvums	2,96
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	151 °C
<i>t</i> <sub>pašuzliesmošanas</sub>	346 °C

Bezkrāsas šķidrums, bīstama toksiskā viela, uzsūcas caur veselu ādu, bojā asinsrades sistēmu.

<b>1-brombutāns (CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>Br)</b>	
Molekulmasa	137
Blīvums	1,27
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	-112,9 °C
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	101,4 °C
<i>t</i> <sub>uzliesmošanas</sub>	18,3 °C
Eksplozijas robeža	2,6 % līdz 6,6 %
<i>t</i> <sub>pašuzliesmošanas</sub>	269 °C

Bezkrāsas šķidrums. Hroniska iedarbība kairina elpošanas ceļus, bojā aknas un nieres. 2-brombutāns (CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-CHBr-CH<sub>3</sub>) ir kancerogēns.

<b>Tribrommetāns (CHBr=CHBr<sub>2</sub>)</b>	
Molekulmasa	265
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	162 °C

Bezkrāsas šķidrums ar vieglu narkotisku iedarbību, bīstamāks par trihloretilēnu. Hroniskas iedarbības gadījumā bojā sirdi, nieres, aknas, elpošanas ceļus, kairina ādu.

<b>3-brom-propēns-1 (CH≡CH-CH<sub>2</sub>Br)</b>	
Molekulmasa	119
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	89 °C

Bezkrāsas šķidrums ar asu smaku, spēcīgi kairinošs.

<b>1,4-dibrom-butēns-2 (CH<sub>2</sub>Br-CH=CH-CH<sub>2</sub>Br)</b>	
Molekulmasa	214
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	53 °C (cis-izomērs), 54 °C (trans-izomērs)

Cis- un trans- izomēri ir cietas vielas, kas spēcīgi kairina acu gļotādu un uz veselās ādas rada čūlas. Bīstamāks ir transizomērs.



## 4.4. Jodētie alifātiskie ogļūdeņraži

### Piesātinātie

Jodmetāns (CH <sub>3</sub> J)	
Molekulmasa	142
Blīvums	2,3
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	-66,1 °C
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	42,5 °C

Bezkrāsas šķidrums ar specifisku smaku, reaģē ar ūdeni. Lielā koncentrācijā darbojas kā narkotika, bojā aknas, nieras, mēreni kairinošs, uzsūcas caur ādu, kancerogēns.

Trijodmetāns (CH <sub>3</sub> I <sub>3</sub> )	
Molekulmasa	394
Blīvums	4,1
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	-119 °C

Dzeltens šķidrums ar nepatīkamu smaku. Liels daudzums jodoforma organismā nomāc centrālo nervu sistēmu, tiek traucēta redze, bojā sirdi, aknas, nieras.

Jodētāns (CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> J)	
Molekulmasa	156
Blīvums	1,9
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	-108 °C
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	72 °C

Bezkrāsas šķidrums, nomāc centrālo nervu sistēmu, bojā aknas, nieras, vairāgdziedzeri un plaušas. 1-jodpropāns un 2-jodpropāns ir narkotikas un stipri kairinātāji, kancerogēni. Kancerogēns ir arī jodbutāns.

Nepiesātinātie jodogļūdeņraži vēl ir maz pētīti, tie ir kairinātāji.

## 4.5. Halogēnaizvietotie ogļūdeņraži ar diviem vai vairākiem dažādiem halogēniem

### 4.5.1. Piesātinātie

Bromhlormetāns (CH <sub>2</sub> BrCl)	
Molekulmasa	129,5
Blīvums	1,93
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	69 °C

Bezkrāsas šķidrums ar šķebīgu smaku, toksiskāks par dihlormetānu, vismazāk toksisks no visiem metāna halogēnatvasinājumiem. Ieelpojot augstas koncentrācijas tvaikus tiek bojāta sirds, aknas, nieres, taču bojājumi nav tik smagi kā tetrahloroglekļa gadījumā.

Bromhlormetānu izmanto ugunsgrēku dzēšanai.

Intoksikācijas simptomi: stipras galvassāpes, samaņas zudums, kā sekas – gremošanas traucējumi, novājēšana; atveseļošanās notiek lēni.

1-brom-2-hlorekāns ( $\text{CH}_2\text{Cl}-\text{CH}_2\text{Br}$ )	
Molekulmasa	143,5
Blīvums	1,73
$t_{\text{viršanas}}$	107 °C

Bezkrāsas šķidrums ar hloroforma smaku. Akūtas intoksikācijas simptomi: galvassāpes, smagums kuņģī, asinsspiediena un temperatūras pazemināšanās. Hroniska iedarbība bojā nieres, aknas, acis.

#### 4.5.2. Nepiesātinātie

1-brom-3-hlorpropēns-2 ( $\text{CHCl}=\text{CH}-\text{CH}_2\text{Br}$ )	
Molekulmasa	155,5
$t_{\text{viršanas}}$	130 °C

Šķidrums, vietējs kairinātājs.

**Drošības pasākumi.** Lietojot halogēnaizvietotos ogļūdeņražus, nepieciešamie drošības pasākumi jāparedz atsevišķi katramkonkrētajam savienojumam. Drošības pasākumi stingri jāievēro.

Īpaši bīstamos savienojumus nevajadzētu izmantot vispār, izņemot gadījumus, kad:

- šie savienojumi rodas kā starpprodukts ķīmiskajā reakcijā;
- tiem ir tehniskas vai ekonomiskas priekšrocības. Tomēr ieteicams šos savienojumus aizstāt ar mazāk bīstamiem.

Nav pieļaujama lielas koncentrācijas halogēnogļūdeņražu tvaiku izplūšana darba zonā. Visos procesos jāizmanto hermētiska aparatūra, jābūt labai nosūces ventilācijai. Uzglabājot šķidrās vielas, jāraugās, lai nenotiktu noplūde un tās nenonāktu saskarē ar strādājošo ādu vai acīm (kairinājums).

Jāgādā, lai vielas ar vāji kairinošu iedarbību ļaunprātīgi neizmantotu kā narkotikas. Nedrīkst pielaist pie darba cilvēkus, kas sirgst ar aknu slimībām vai alkoholismu. Jāveic periodiskas medicīniskās apskates, pievēršot īpašu uzmanību orgāniem un sistēmām, kas pakļautas riskam (aknas, nieres, centrālā nervu sistēma).

## 4.6. Alilsavienojumi

Alilsavienojumi ir nepiesātināti savienojumi ar kopējo formulu  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2\text{X}$ , kur X var būt halogēns, hidroksīds (OH) vai acils. Divkārsā saite nodrošina šo savienojumu lielu reakcijas spēju. Alilsavienojumus plaši izmanto ķīmiskajā sintēzē, īpaši polimerizācijā. Divkārsā saite bieži vien ietekmē alilsavienojumu fizikālās īpašības.

Piemēram, nepiesātinātie alifātiskie ēteri ir daudz kairinošāki (izraisa acu asarošanu) nekā atbilstošie piesātinātie ēteri.

Alilspirts ( $\text{CH}_2=\text{CHCH}_2\text{OH}$ )	
Molekulmasa	58
Blīvums	0,85
$t_{\text{kušanas}}$	-129 °C
$t_{\text{viršanas}}$	97 °C
$t_{\text{uzliesmošanas}}$	21,1 °C
Eksplozijas robeža	2,5–18 %
$t_{\text{pašuzliesmošanas}}$	378 °C

Alilspirtu jebkurā attiecībā var šķaidīt ar ūdeni, etilspirtu, dietilēteri.

**Iegūšana.** Propēnu hlorē pie augstas temperatūras, iegūto alilhlorīdu hidrolizē līdz spirtam. Alilspirtu iegūst arī no glicerīna.

**Izmantošana.** Alilspirtu izmanto farmakoloģisko preparātu ražošanā un organiskajā sintēzē. Visvairāk tiek sintezēti alilesteri, no kuriem svarīgākie ir dialilftalāts un dialilizoftalāts, kurus izmanto kā monomērus vai prepolimērus.

**Bīstamība.** Alilspirts ir degošs šķidrums ar kairinošu iedarbību. Iesūcoties caur ādu, rada vietējas, dziļi ejošas sāpes un bojā visu organismu. Nokļūstot acīs, rada stipras, dedzinošas sāpes. Ieelpojot tvaiki kairina elpošanas ceļu gļotādu, izraisa asarošanu, sāpes acīs, redzes pasliktināšanos, bojā nieres.

Jāveic ugunsdrošības un sprādziendrošības pasākumi. Alilspirtu glabā tērauda konteineros.

3-hlorpropēns ( $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2\text{Cl}$ )	
Molekulmasa	76,5
Blīvums	0,94
$t_{\text{kušanas}}$	-134,5 °C
$t_{\text{viršanas}}$	45 °C
$t_{\text{uzliesmošanas}}$	-32 °C
Eksplozijas robeža	3,3 % līdz 11,1 %
$t_{\text{pašuzliesmošanas}}$	392 °C

Bezkrāsas šķidrums ar nepatīkamu asu smaku, ūdenī nešķīst, jebkurā attiecībā šķaidāms ar etilspirtu un dietilēteri.

Iegūst augstā temperatūrā hlorējot propēnu. Izmanto glicerīna ražošanā un kā starpproduktu polimēru sintēzē.

Alilhlorīds ir toksisks un ugunsnedrošs, tam ir vāja narkotiska iedarbība, stipri kairina acis un augšējos elpošanas ceļus. Kā akūta, tā arī hroniska saindēšanās bojā plaušas, aknas, nieres. Nieru bojājumi ir lielāki hroniskas iedarbības gadījumā. Alilhlorīds kairina ādu; uzsūcoties caur ādu, rodas sāpīgi, dziļi bojājumi, var saindēties viss organisms. Piesardzības pasākumi tādi paši kā darbā ar alilspirtu.

Alilbromīds ( $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2\text{Br}$ )	
Molekulmasa	121
Blīvums	1,40
$t_{\text{kušanas}}$	-119,4 °C
$t_{\text{viršanas}}$	71,3 °C
$t_{\text{uzliesmošanas}}$	-1 °C
Eksplozijas robeža	4,4 % līdz 7,3 %
$t_{\text{pašuzliesmošanas}}$	290 °C

Ūdenī nešķīstošs šķidrums, atšķaidāms jebkurā attiecībā ar etilspirtu un dietilēteri.

Izmanto kā starpproduktu citu savienojumu sintēzē. Vietēja kairinoša iedarbība uz ādu nedaudz mazāka nekā alilhlorīdam, vispārēja iedarbība uz organismu tāda pati.

Piesardzības un drošības pasākumi kā darbā ar alilspirtu.

Alilcianīds ( $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2\text{CN}$ )	
Molekulmasa	67
Blīvums	0,83
$t_{\text{kušanas}}$	-87 °C
$t_{\text{viršanas}}$	116 °C

Bezkrāsas šķidrums ar sīpolu smaku. Sildot vai kontaktā ar skābi alilcianīds izdala toksiskus tvaikus.

## Citi alilsavienojumi

Alilformiāts un alilacetāts ir ugunsbīstamas vielas, kuru tvaiki uzliesmo, piemīt kairinoša iedarbība. Svarīgākais esteris – dialilftalāts – nav sevišķi ugunsnedrošs ( $t_{\text{uzliesmošanas}} = 165 \text{ °C}$ ). Tā kairinošā iedarbība ir stiprāka nekā citiem ftalātiem. Alilēteris, alilētilēteris un alilfenilēteris – ugunsnedroši šķidrums, kairina acis un elpošanas ceļus, tiem ir narkotiska iedarbība. Zemās elektrovadāmības dēļ izlišanas gadījumā var rasties statiskās elektrības lādiņi. Visi savienojumi reaģē ar oksidētājiem.

Alilamīns ( $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2\text{NH}_2$ ) – ļoti kairinoša viela, ieelpojot lielās devās var izraisīt plaušu tūsku. Alilsulfīdu (“ķīplokus eļļa”) izmanto garšvielu ražošanai, pēc toksiskuma līdzīgs alilhlorīdam.

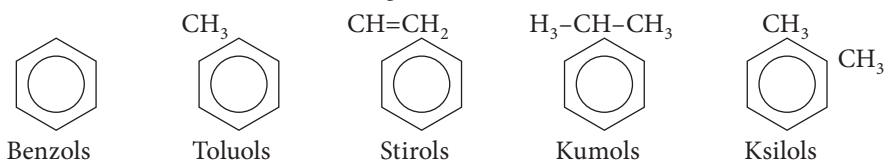
Alilpropilsulfīds – sīpolu eļļas komponents, šķidrums ar kairinošām īpašībām, izraisa acu asarošanu. Drošības pasākumi jāizmanto tie paši kā sarbā ar alilspirtu.

## 5. AROMĀTISKIE OGĻŪDEŅRAŽI

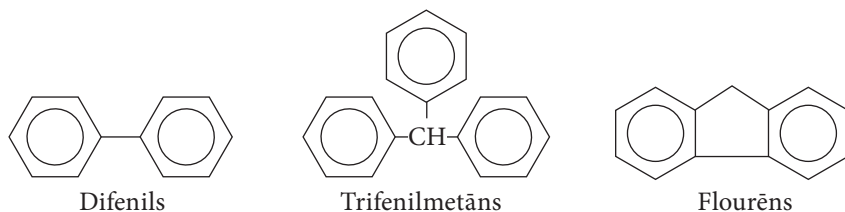
Tie ir ogļūdeņraži ar atšķirīgām īpašībām, kuras nosaka molekulā esošais benzola gredzens. Benzola gredzenā CH grupas savietotas viena ar otru ar saitēm, kuru īpašības ir it kā starpstāvoklis starp vienkāršo un dubulto saiti. Līdz ar to benzolam vairāk nosliece stāties aizvietošanas, nevis pievienošanās reakcijās.

Aromātiskie ogļūdeņraži un to atvasinājumi ir savienojumi, kuru molekulas satur vienu vai vairākus stabilus benzola gredzenus. Šos savienojumus var uzskatīt par benzola atvasinājumiem, kas rodas vienā no šādām reakcijām:

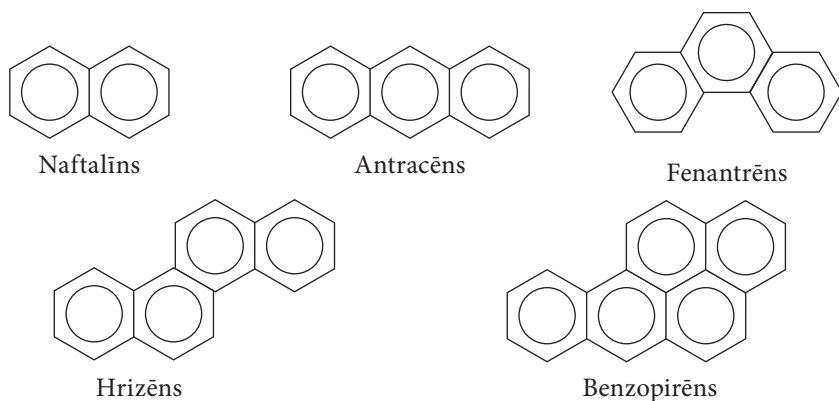
a) ūdeņraža atoms aizvietots ar ogļūdeņraža radikāli;



b) savienojas divi vai vairāki benzola gredzeni;



c) kondensējušies benzola gredzeni;



Aromātiskos ogļūdeņražus iegūst akmeņogļu pārtveicē un daudzos naftas ķīmijas procesos: naftas pārtveicē, alkilējot zemākos aromātiskos ogļūdeņražus. Dabīgās eļļas, kas satur terpīnus, iegūst no skuju kokiem (eikalipta, priedes) un aromātiskiem augiem, kā blakusproduktus celulozes un papīra rūpniecībā. Policikliskos ogļūdeņ-

ražus satur arī gaisa piesārņojums lielpilsētās.

Aromātisko ogļūdeņražu ekonomiskā nozīme arvien pieaug jau kopš 19. gs., kad akmeņogļu darvas gaišās frakcijas sāka izmantot kā kaučuka šķīdinātāju. Tagad aromātiskos ogļūdeņražus tirā veidā galvenokārt lieto plastmasas sintēzē, kā kaučuka krāsvielas, krāsas, sprāgstvielas, pesticīdus, mazgāšanas līdzekļus, smaržvielas un medikamentus. Aromātisko ogļūdeņražu maisījumi tiek izmantoti kā šķīdinātāji, tie ir dažādu benzīna frakciju sastāvā.

Cilvēka organismā aromātiskie ogļūdeņraži nonāk ieelpojot un nelielos daudzumos caur bojātu ādu.

Benzola monoalkilatvasinājumi ir toksiskāki nekā dialkilatvasinājumi. Atvasinājumi ar sazarotu alkilķēdi ir toksiskāki nekā savienojumi ar normālu ķēdi.

Aromātisko ogļūdeņražu metabolisms realizējas gredzena biooksidēšanās dēļ. Ja ir sānu ķēde (metilgrupa), notiek tās oksidēšanās, gredzens netiek skarts. Parasti rodas ūdenī šķīstošas vielas, kas no organisma tiek izvadītas ar urīnu.

Benzols (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	
Molekulmasa	78
Blīvums	0,88
$t_{kušanas}$	5,5 °C
$t_{viršanas}$	80,1 °C
$t_{uzliesmošanas}$	-11 °C
Eksplozijas robeža	1,3 % līdz 7,1 %
$t_{pašuzliesmošanas}$	562 °C

Bezkrāsas gaistošs šķidrums ar īpatnēju smaku, ūdenī šķīst maz, labi šķīst organiskajos šķīdinātājos un eļļās.

**Iegūšana.** Benzolu iegūst, pārtvaicējot akmeņogles un pārstrādājot naftu.

**Izmantošana.** Benzolu izmanto kā šķīdinātāju un ķīmisko reaģentu. Reakcijas spējīgs, plaši izmanto anilīna sintēzē. Liela daļa benzola hloratvasinājumu izmantojami kā pesticīdi. Benzolu izmanto, ražojot stirolu, fenolus, mazgāšanas līdzekļus, sprāgstvielas, krāsvielas un medikamentus.

Benzolā labi šķīst kaučuks, plastmasas, pigmenti, tipogrāfijas krāsas, eļļas un tauki. Benzols labi ekstrahē eļļas no sēklām un riekstiem.

**Bīstamība.** Nonākot organismā, daļa benzola izelpojas, bet aptuveni 15 % līdz 60 % benzola metabolizējas, oksidējoties galvenokārt aknās, pēc tam notiek fenola kondensācija un izvadīšana no organisma ar urīnu. Hroniskas iedarbības gadījumā novērojama kaula smadzeņu un asins sasilšana, jo epoksīds veidojas tieši kaula smadzeņu šūnās.

Īpaši toksiski un ugunsdroši ir benzola tvaiki, kuriem ir akūta narkotiska iedarbība, kā arī kairinoša iedarbība uz ādu un gļotādām. Hroniska saindēšanās bojā asinsrades orgānu audus. Hroniska saindēšanās sākumā nav pamanāma, bet vēlākās stadijās daudzu orgānu bojājumi nav ārstējami. Saindējoties ar benzolu, attīstās leikoze. Benzolam ir kancerogēnas īpašības.

**Drošības pasākumi.** Tiem jānovērš benzola toksiskā iedarbība, ugunsbīstamība un sprādzienbīstamība.

Ja tehnoloģiskajos procesos benzolu var aizstāt ar kādu citu tikpat ķīniski efektīvu, bet mazāk bīstamu savienojumu, tas noteikti ir jādara. Kā šķīdinātāju benzolu tikpat kā vairs neizmanto. Darba vidē pastāvīgi jākontrolē benzola koncentrācija un jāveic regulāras strādājošo medicīniskās apskates.

Toluols (C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub> )	
Molekulmasa	92
Blīvums	0,87
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	-95 °C
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	110,6 °C
<i>t</i> <sub>uzliesmošanas</sub>	+4,4 °C
<i>t</i> <sub>pašuuzliesmošanas</sub>	536 °C

Bezkrāsas šķidrums, pēc smakas atgādina benzolu, nešķīst ūdenī, visās attiecībās šķaidāms ar metanolu un benzolu. To iegūst no benzola un naftas.

**Izmantošana.** Tikpat labs šķīdinātājs kā benzols. Izmanto: ražojot lakas un krāsas, tipogrāfijas krāsas, kā izejvielu organiskajā sintēzē – saharīna, trinitrotoluola un daudzu krāsvielu ražotnēs.

Toluols ir automobiļu un aviācijas benzīnu sastāvdaļa.

**Bīstamība.** Toluols veido viegli uzliesmojošus tvaikus. Telpās, kur strādā ar toluolu, nedrīkst būt atklāta uguns, instrumentiem jābūt bezdzirksteļojošā izpildījumā. Toluola uzglabāšanas telpām jābūt ar augstiem sliekšņiem, lai tas nevarētu izplūst no telpas. Ārpus telpas esošiem rezervuāriem jābūt ar apvaļņojumu. Akūtas iedarbības gadījumā toluols ir bīstamāks par benzolu un var pat izraisīt narkotisko komu. Hroniska saindēšanās rada gļotādu kairinājumu, eiforiju, galvassāpes, reiboni, sliktu dūšu, apetītes zudumu, alkohola nepanesamību. Parasti šie simptomi parādās dienas beigās, pastiprinās nedēļas beigās un izzūd brīvdienā laikā. Toluols neskar kaulu smadzenes, nav kancerogēns, mutagēns, neietekmē embrija attīstību.

Visām darbībām ar toluolu jānotiek hermētiski slēgtā aparatūrā, labi vēdināmās (nosūces ventilācija) telpās. Pirms darba ar toluolu, telpā jānosaka benzola saturs, tas nedrīkst būt lielāks par 1 %. Strādājot jālieto specapgērbs, cimdi, aizsargkrēms rokām, dažreiz arī gāzmaska.

Strādājošo profilaktiskās apskates laikā jāveic asins analīze, nosakot trombocītus.

Stirols (C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> -CH=CH <sub>2</sub> )	
Molekulmasa	104
Blīvums	0,91
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	-33 °C
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	145-146 °C
<i>t</i> <sub>uzliesmošanas</sub>	-32,3 °C
Eksplozijas robeža	1,1-6,1 %
<i>t</i> <sub>pašuzliesmošanas</sub>	490 °C

Bezkrāsas vai iedzeltens šķidrums ar kairinošu smaku, nešķīst ūdenī, šķīst etilspirtā, dietilēterī, šķīdina organiskas vielas un polimērus. Divkārsā saite vinilgrupā nodrošina stirolam ļoti labu reaģētspēju. Stirols viegli hidratējas, oksidējas, halogēnizējas, polimerizējas gaismas un siltuma ietekmē. Lai novērstu stirola polimerizāciju glabājot vai transportējot, tam pievieno līdz 3 % hidrohinona.

**Iegūšana.** Iegūst dehidrogenizējot etilbenzolu katalizatoru klātbūtnē, 500 °C temperatūrā. Dabā stirols sastopams stirolu saturošu augu sulā, naftas, akmeņogļu un degakmens darvā, stirola kaučuku lateksā.

**Izmantošana.** Visplašāk stirolu izmanto plastmasu (polistirols) un kopolimēru elastomēru (butadiēnstirola kaučuks) ražošanai.

**Bīstamība.** Stirols nokļūst organismā ieelpojot un caur veselu ādu. 30-40 minūšu laikā stirols piesātina organismu, sadalās dažādos orgānos un tiek ātri izvadīts no organisma (diennakts laikā aptuveni 85 %) ar urīnu (70 %) vai izelpojot (aptuveni 10 %). Divkārsā saite sānu grupā paaugstina stirola kairinošās īpašības, šķidrums stirols uz ādas rada čūlas un ādas atmiršanu. Liela stirola tvaiku koncentrācija pirmajā stadijā kairina augšējo elpošanas ceļu, acu un mutes gļotādu. Otrajā stadijā sākas narkotiska iedarbība, krampji, plaušu un smadzeņu tūska, tiek bojātas aknas un nieres, iestājas nāve. Hroniski saindējoties ar stirolu, tiek traucētas nervu sistēmas funkcijas, kairināti augšējie elpošanas ceļi, mainās asins sastāvs, tiek bojātas nieres un žults ceļi.

Polistirola vai sintētiskā kaučuka ražotnēs strādājošie (vairāk nekā 5 gadus) cieš no toksiskā hepatīta, izmaiņām augšējo elpošanas ceļu gļotādā, grūtniecēm cieš arī embrijs. Cilvēka organismā stirols oksidējas, veidojot oksīdu, kas ir toksiskāks par stirolu un tam ir mutagēnas īpašības.

**Drošības pasākumi.** Stirolu saturošas gāzes nedrīkst nonākt darba vides gaisā vai atmosfērā bez attīrīšanas. Ieteicams izvēlēties nepārtrauktus procesus, mehānizēt un automatizēt tos. Aparatūrai, komunikācijām un savienojumiem jābūt hermētizētiem. Stirola koncentrācija darba vides gaisā automātiski nepārtraukti jākontrolē. Jābūt labai vietējai un vispārējai ventilācijai, papildus jābūt iekapsulētiem pārsegiem paraugu ņemšanas vietās un vietās, kur iespējama stirola noplūde. Obligāta iepriekšējā un atkārtota medicīniskā apskate darbiniekiem, īpašu vērību veltot nieru, aknu, nervu sistēmas un asinsrades orgānu saslimšanām. Jāierobežo sieviešu pieņemšana darbā, īpaši grūtnieču.



Ksilols (C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> )	
Molekulmasa	106
Blīvums	0,86
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	meta- 139 °C, orto- 144,4 °C, para- 138,3 °C
<i>t</i> <sub>uzliesmošanas</sub>	meta- 28,8 °C, orto- 46,1 °C, para- 28,3 °C
Eksplozijas robeža	1,0 % līdz 7 %

Bezkrāsas šķidrums ar aromātisku smaržu, nešķīst ūdenī, labi šķīst etilspirtā, dietilēterī, benzīnā u. c. organiskajos šķīdinātajos.

Ksilola trīs izomēri atšķiras ar metilgrupu izvietojumu. Pārdošanā parasti ir visu trīs izomēru maisījums, kas satur aptuveni 70 % meta-izomēra un 5 % para-izomēra.

Ksilols viegli alkilējams, hromējams, sulfurējams un nitrējams.

**Iegūšana.** Ksilolu izdala no akmeņogļu darvas vai iegūst no naftas, to aromati-zējot.

**Izmantošana.** Ksilolu plaši izmanto kā šķīdinātāju krāsu un laku ražošanā, sin-tezējot ārstniecības preparātus, kā augsti aktīvu piedevu aviācijas degvielai, krāsvielu sintēzē. Ksilolā labi šķīst parafīns, polistirols, un Kanādas balzams, tādēļ ksilolu plaši lieto histoloģijā.

**Bīstamība.** Ksilolam ir narkotiska iedarbība, tas bojā nervu un asinsrades sistē-mu. Akūtas saindēšanās simptomi ir tādi paši kā benzolam.

Hroniskas saindēšanās gadījumā slimnieki sūdzas par vispārēju nogurumu, galvassāpēm, nemieru, bezmiegu, atmiņas traucējumiem, zvanošu troksni ausīs, salkanu garšu mutē, sliktu dūšu, stiprām slāpēm, deguna asiņošanu, sirdsdarbības traucējumiem. Sievietēm tiek traucēts menstruālais cikls, novērotas grūtniecības patoloģijas, asiņošana dzemdību laikā, spontānais aborts un neauglība. Ir zināmi tipogrāfijas darbinieku nāves gadījumi. Organismā ksilols nonāk caur ādu un ieelpo-jot. Uzsūkšanās ātrums caur ādu ir 4 mg/cm<sup>3</sup>·h līdz 10 mg/cm<sup>3</sup>·h. Drošības pasākumi līdzīgi kā darbā ar ksilolu.

Kumols (C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> )	
Molekulmasa	120
Blīvums	0,86
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	-96,9 °C
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	152,4 °C
<i>t</i> <sub>uzliesmošanas</sub>	43,9 °C
Eksplozijas robeža	0,9 % līdz 6,9 %
<i>t</i> <sub>pašuzliesmošanas</sub>	43 °C

Caurspīdīgs, bezkrāsas šķidrums ar asu smaku jau pie mazas koncentrācijas, nešķīst ūdenī, šķīst etilspirtā, dietilēterī, benzolā.


**Iegūšana.** No naftas.

**Izmantošana.** Kumolu izmanto kā piedevu aviācijas degvielai, kā šķīdinātāju celulozes lakās un krāsās, kā starpproduktu fenola, acetona un stirola sintēzē. Kumols ir daudzu šķīdinātāju sastāvdaļa (*t*<sub>viršanas</sub> ir no 150 °C līdz 160 °C). Tajā labi šķīst tauki un eļļas, to var izmantot par benzola aizstājēju.

**Bīstamība.** Kumols kairina ādu un caur to lēni iesūcas organismā. Narkoze iestājas lēnām, bet saglabājas ilgāk nekā benzola un toluola gadījumā. Pie hroniskas iedarbības kairina plaušas, nieres, aknas. Atšķirībā no benzola kumols nebojā kaulu smadzenes. Šķidrums neveido sprāgstošus tvaikus. Ja kumolu saturoši šķīdumi vai laku un krāsu pārklājumi tiek sildīti, piemēram, žāvētavās, var notikt tvaiku aizdegšanās, dažreiz pat sprādziens. Obligāti jābūt iekārtotai vietējai un vispārējai nosūces ventilācijai. Ja ir varbūtība, ka kumols var nokļūt uz ādas, jāvalkā cimdi un specapgērbs (jāmazgā katru dienu). Strādājošajiem obligāta iepriekšējā un atkārtotā medicīniskā pārbaude.

Glabātavām ārpus telpām jābūt apvaļņotām, telpām jābūt ar augstiem sliekšņiem un speciālas konstrukcijas grīdām, kas noplūdes gadījumā ierobežo kumola izplūšanu visā telpā.

## 6. POLICIKLISKIE AROMĀTISKIE OĢĻŪDEŅRAŽI

Policikliskie aromātiskie oĢļūdeņraži ir organiski savienojumi, kas sastāv no trim vai vairāk aromātiskajiem gredzeniem, kuros daži atomi vienlaikus pieder diviem vai trim gredzeniem. Šādas sistēmas sauc par kondensētiem vai cikliskiem savienojumiem. Molekulas sastāv tikai no ūdeņraža un oglekļa. Vienkāršākais policikliskais savienojums ir naftalīns . Vielas, kas sastāv no četriem līdz sešiem aromātiskajiem gredzeniem, ir kancerogēnas.

Atrašanās dabā. Policikliskajiem aromātiskajiem oĢļūdeņražiem ir dabīga un antropogēna izcelsme un tie ir sastopami gandrīz visur – gaisā, ūdenī, augsnē. Dabīgie izcelsmes avoti – mežu ugunsgrēki vai vulkānu izvirdumi, cilvēka darbības rezultātā policikliskie ūdeņraži rodas, sadedzinot atkritumus, koksni, izlīstot jēlnaftai vai tās pārstrādes produktiem, tabakas dūmos, cepot un žāvējot (dūmojot) pārtikas produktus.

Visvairāk policiklisko aromātisko oĢļūdeņražu gaisā nonāk no akmeņogļu darvas, kas rodas koka baterijas vai gāzēšanas krāsnīs (izdalās dūmi no karstās darvas).

Policikliskie aromātiskie oĢļūdeņraži ir asfaltā, ko izmanto ielu (ceļu) segumiem, jo to izgatavo no naftas pārtvaices atlieku produktiem. Šādā asfaltā oĢļūdeņražu ir samērā maz, taču reizēm asfaltam piejauc akmeņogļu darvu, kas palielina bīstamību, strādājot ar asfaltu. Gadījumos, kad darvu kausē vai izlej lielos laukumos, strādājošie tiek pakļauti spēcīgai policiklisko aromātisko oĢļūdeņražu iedarbībai (juntu darvošana, cauruļvadu izolēšana).

Citi policiklisko aromātisko oĢļūdeņražu iedarbības avoti ir darbi ar sodrējiem, minerāleļļām, dūmi un kvēpi jebkurā degšanas procesā un autotransporta izplūdes gāzēs. Minerāleļļās policiklisko aromātisko oĢļūdeņražu ir maz, taču tie uzkrājas ekspluatācijas laikā un atstrādātās motoreļļās, metālapstrādes darbgaldū eļļošanas un dzesēšanas emulsijas jau izraisa ādas bojājumus. Parasti policikliskie aromātiskie oĢļūdeņraži ir cietas, negaistošas vielas. Dažas no tām adsorbē ultravioleto starojumu un pēc tam raksturīgi spīd – luminiscē.

Kancerogēni ir pirīts, benzopirēns, fluorescētais pentacēns.

**Bīstamība.** Ilgstoši iedarbojoties policikliskie oĢļūdeņraži ir ļoti kancerogēni, bet policikliskie aromātiskie oĢļūdeņraži ir prokancerogēni (netiešie kancerogēni). To iedarbībai ir ilgstošs slēptais periods.

**Drošības pasākumi.** Policikliskie oĢļūdeņraži ir galvenie gaisa piesārņotāji visdažādākajās darba vietās. Galvenais uzdevums ir samazināt izmešus. Tas panākams procesus hermetizējot (koka baterijas) un nodrošinot labu ventilāciju. Tērauda kausēšanas un liešanas procesos policiklisko aromātisko oĢļūdeņražu izmešus samazina, neizmantojot akmeņogļu darvu. Garāžās, šahtās un tuneļos, kur izdalās dzinēju izplūdes gāzes, ir jābūt labai ventilācijai. Strādājot jālieto specapģērbs un cimdi.

## 7. SKĀBEKLI SATUROŠI ORGANISKIE SAVIENOJUMI

Pie tiem pieder spirti, skābes, aldehīdi, ketoni u. c.

### 7.1. Spirti

Spirti ir organiski savienojumi, kas veidojas no ogleņūdeņražiem, aizvietojot vienu vai vairākus ūdeņraža atomus ar hidroksilgrupu (OH).

Etanols (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH)	
Etilspirts	
Molekulmasa	46
Blīvums	0,79
$t_{\text{kušanas}}$	-177,3 °C
$t_{\text{viršanas}}$	78,5 °C
$t_{\text{uzliesmošanas}}$	12,8 °C
Eksplozijas robeža	3,3 % līdz 19 %
$t_{\text{pašuzliesmošanas}}$	422,8 °C

Bezkrāsas gaistošs šķidrums ar īpatnēju smaku un dedzinošu garšu, atšķaidāms ar ūdeni jebkurā attiecībā.

**Iegūšana.** Spirtu saturošu dzērienu izgatavošana bija zināma jau aptuveni pirms 5000 gadiem Ēģiptē un Ķīnā, 10. gs. arābi izstrādāja pārtvaices procesu, lai iegūtu koncentrētu etilspirtu. Tagad metanolu iegūst, fermentējot cukuru, ko satur augļi, sakņaugi (cukurbietes), cukurniedres, kā arī cieti, ko satur graudi un kartupeļi. Tehniskām vajadzībām metanolu sintezē ķīmiski vai pārtvaicējot naftu.

**Izmantošana.** Ļoti plaši izmanto kā izejvielu citu vielu ražošanai (acetaldehīds, dietilēteris, hloretāns u. c.). Plastmasas un sintētiskā kaučuka ražošanai no metanola sintezē butadiēnu. Etanols ir labs šķīdinātājs, tādēļ to bieži izmanto, ražojot medikamentus, plastmasas, lakas, politūras, plastifikatorus, smaržvielas, kosmētiskos līdzekļus, kaučuka nobriešanas paātrinātājus, antiseptikas utt.

**Bīstamība.** Etanola tvaiki kairina acu un deguna gļotādu, izraisa galvassāpes, miegainību, nogurumu, tiem ir narkotiska iedarbība. Organismā etanols oksidējas līdz oglekļa dioksīdam, bet neoksidētā daļa izdalās ar urīnu un izelpojot. Ādu etanols attauko, ilgstoši iedarbojoties, var veidoties dermatīts. Etanols labi deg, tvaiki ar gaisu veido uzliesmojošus un sprāgstošus maisījumus jau istabas temperatūrā. Strādājot ar etanolu, varbūtība, ka tas nonāks organismā, ir maz iespējama (izņemot alkoholiķus). Ja tiek iedzerts spirts ar koncentrāciju virs 70 %, iespējami barības vada un kuņģa bojājumi.

Denaturējošas piedevas pievieno spirtam, ja tas paredzēts rūpnieciskai izmantošanai. Daudzas denaturējošās piedevas (metanols, benzols, piridēna bāzes, petroleja, acetons, dietilftalāts u. c.) ir daudz bīstamākas nekā pats spirts. Tādēļ jāveic visi pasākumi, kas novērstu rūpnieciskā spirta dzeršanu. Sintētiskajam spirtam ir kancerogēna aktivitāte.

**Drošības pasākumi.** Lai neveidotos bīstama etanola tvaiku koncentrācija, jānodrošina efektīva vietējā ventilācija. Ja ar etanolu jāstrādā ilgstoši, jālieto individuālie aizsardzības līdzekļi, īpaši cimdi. Nedrīkst pieņemt darbā alkoholiķus un nieru slimniekus. Lai novērstu uzliesmošanu un sprādzienu, etanola pārsūkņēšanai nedrīkst izmantot saspiestu gaisu vai skābekli. Degošu etanolu dzēš ar oglekļa dioksīdu, smiltīm, var dzēst arī ar ūdeni, ja tas ir pieejams lielā daudzumā.

Metanols (CH <sub>3</sub> OH)	
Molekulmasa	32
Blīvums	0,79
$t_{kušanas}$	-97,8 °C
$t_{viršanas}$	65 °C
$t_{uzliesmošanas}$	11 °C
Eksplozijas robeža	6,7 % līdz 36 %
$t_{pašuzliesmošanas}$	464 °C

Bezkrāsas, gaistošs šķidrums ar vāju smaku, labi šķīst ūdenī, etilspirtā, ketonā, halogenogļūdeņražos, esteros.

**Iegūšana.** 1661. gadā Boils metilspirtu atklāja koka dravā. Valstīs ar lieliem meža resursiem un attīstītu kokrūpniecību arī tagad metilspirtu iegūst koksnes sausās pārtvaices procesā 350 °C temperatūrā. Rūpnieciski metanolu iegūst no oglekļa monoksīda 250 °C līdz 400 °C temperatūrā;  $\text{CO} + 2\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH}$ .

**Izmantošana.** Metanolu izmanto kā izejvielu daudzu ķīmisko produktu ražošanā; 40 % visa sintētiskā metanola izmanto ražojot formaldehīdu, kuru pēc tam izmanto fenola, karbamīda un acetālsveķu sintēzē. Metanolu izmanto arī metakrilātu, metilamīnu, metilhalogēniņu, etilenglikolu u. c. sintēzē

Metanolu izmanto kā šķīdinātāju, ražojot tinti, krāsas, limes, plastmasas, tekstilmateriālu, ziepes, koksnes krāsvielas, triecienizturīgu stiklu, ūdensnecaurlaidīgu audumu. Metanolu lieto ekstrahēšanai, kā antidetonācijas piedevu aviācijas degvielai, kā denaturācijas piedevu etanolam.

**Bīstamība.** Metanols ir degošs šķidrums, tā tvaiki lielā koncentrācijas diapazonā istabas temperatūrā ar gaisu veido sprāgstošu maisījumu. Metilspirts ir toksiska viela, turklāt ir iespējama gan akūta, gan hroniska saindēšanās. Simptomi ir atšķirīgi alkoholiķiem, kas metanolu iedzer, un strādājošiem, kuri ieelpo metanola tvaikus. Metanols var uzsūkties arī caur veselu ādu. Smagi saindējoties, metanols specifiski iedarbojas uz redzes nervu, iestājas aklums, jo mainās tīklenes šūnas un acīs tiek traucēta asinsrite. Iedzerot metanolu, jau pēc dažām stundām, sākas redzes traucējumi, pilnīgs aklums iestājas apmēram pēc nedēļas. Slimajam ir traucēta elpošana

un sirds darbība, pirms nāves cietušais nenāk pie samaņas. Saindēšanās pazīmes ir: gļotādu kairinājums, galvassāpes, zvanišana ausīs, reiboņi, bezmiegs, redzes traucējumi, kolikas, acu zīlīšu paplašināšanās, slikta dūša, vemšana. Kontaktējot ar ādu, novērojumi iekaisumi uz rokām, roku locītavās un uz pirkstiem.

Organismā metanols oksidējas līdz skudrskābei vai formaldehīdam, kuri bojā nervu sistēmu. Oksidēšanās procesu bremsē etanols.

**Drošības pasākumi.** Darba vietā nedrīkst atrasties atklātas uguns avoti, lai ne-notiktu aizdegšanās vai sprādziens, lai samazinātu metanola koncentrāciju gaisā, jānodrošina laba ventilācija. Metanola noliktavām jābūt ar augstiem sliekšņiem, lai noplūdes gadījumā notiktu metanola izplūšana no telpas.

Pirms metināt vai griezt cisternas (rezervuārus), kurās ir bijis metanols, tās pilnībā jāatbrīvo no šķidrums un tvaikiem. Aparatūrai jābūt hermētiskai, telpās jābūt labai ventilācijai. Ja metanols var nokļūt uz rokām, jālieto pagarināti cimdī, krājumā jābūt pietiekamam daudzumam ūdens, lai nepieciešamības gadījumā varētu izmazgāt acis un nomazgāt rokas.

Ar metanolu nedrīkst strādāt cilvēki ar vāju redzi vai sirgst ar centrālās nervu sistēmas slimībām. Pie akūtas saindēšanās nekavējoties jāsāk mākslīgā elpināšana un jāizsauc ārsts.

Propanols-1 (CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH)	
Molekulmasa	60
Blīvums	0,78
$t_{\text{kušanas}}$	-127 °C
$t_{\text{viršanas}}$	97,1 °C
$t_{\text{uzliesmošanas}}$	25 °C
Eksplozijas robeža	2,1 % līdz 3,5 %
$t_{\text{pašuzliesmošanas}}$	464 °C

Bezkrāsas šķidrums ar specifisku smaku, šķīst ūdenī, metanolā, dietilēterī, benzolā.

Propilspirtu izmanto organiskajā sintēzē, ražojot kosmētiskos līdzekļus; kā dabīgo un sintētisko sveķu, augu eļļu, vasku, etilcelulozes un pesticīdu šķīdinātāju. Tas ir mēreni toksisks, kairina gļotādas un ir centrālās nervu sistēmas depresants. Propilspirts uzliesmo un ir mēreni ugunsdrošs.

<b>Propanols-2 (CH<sub>3</sub>CHOHCH<sub>3</sub>)</b>	
<b>Izopropilspirts</b>	
Molekulmasa	60
Blīvums	0,78
$t_{kušanas}$	-89,7 °C
$t_{viršanas}$	82,4 °C
$t_{uzliesmošanas}$	11,7 °C
Eksplozijas robeža	2,0 % līdz 12 %

Bezkrāsas šķidrums, šķīst ūdenī, metanolā, dietilēterī.

Izopropilspirts ir svarīgs šķīdinātājs un dezinfekcijas līdzeklis. To izmanto kā metanola aizvietotāju kosmētiskajos līdzekļos, piemēram, losjonos, matu lakās, arī politūrās. Nedrīkst izmantot iekšķīgi lietojamu medikamentu ražošanai.

Izopropilspirts ir mazgošs. Saīdēšanās simptomi līdzīgi kā metanola gadījumā. Izopropilspirts ir ugunsnedrošs.

<b>Butanols-1 (CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>-OH)</b>	
Molekulmasa	74
Blīvums	0,81
$t_{kušanas}$	-89,2 °C
$t_{viršanas}$	97 °C
$t_{uzliesmošanas}$	21,5 °C
Eksplozijas robeža	1,7 % līdz 9,8 %
$t_{pašuzliesmošanas}$	406 °C

Butanolu-1 izmanto kā šķīdinātāju lakām, krāsām, politūrām, augu eļļām, krāsvielām un alkaloīdiem; medikamentu ražošanā un ķīmiskajā sintēzē.

Saīdēšanās var notikt mākslīgās ādas, organiskā stikla, gumijas limes, šellakas, lietumtēļu audumu, fotofilmu un smaržvielu ražotnēs.

Tā kā butanols-1 ir maz gaistošs, tad tā bīstamība istabas temperatūrā ir neliela. Lielam tvaiku daudzumam nonākot organismā, rodas neatgriezeniska tūska, acu konjunktivīts un neredz pazeminās eritrocītu skaits asinīs. Uz ādas rodas kairinājums, kas pāriet dermatītā. Iedzerot mazgošs; ugunsnedrošs.

<b>Butanols-2 (<math>C_2H_5CHOHCH_3</math>)</b>	
Molekulmasa	74
Blīvums	0,81
$t_{viršanas}$	99,5 °C
$t_{uzliesmošanas}$	23,9 °C
Eksplozijas robeža	1,7 % līdz 9,8 %
$t_{pašuzliesmošanas}$	406 °C

Bezkrāsas gaistošs šķidrums, šķīst ūdenī. Butanolu-2 izmanto kā šķīdinātāju, tas ietilpst hidraulisko bremžu šķidruma sastāvā, krāsu noņēmēju un politūru sastāvā. To izmanto ķīmiskajā sintēzē, gatavojot smaržvielas un augļu esences. Salīdzinot ar butanolu-1, butanolam-2 ir spēcīgāka narkotiskā iedarbība, var pat novest līdz letālam iznākamam. Ugunsnedrošs.

<b>2-metilpropanols1 (<math>(CH_3)_2CHCH_2OH</math>)</b>	
<b>Izobutilspirts</b>	
Molekulmasa	74
Blīvums	0,80
$t_{kušanas}$	131 °C
$t_{viršanas}$	108,3 °C
$t_{uzliesmošanas}$	27,8 °C
Eksplozijas robeža	1,2 % līdz 10,9 %
$t_{pašuzliesmošanas}$	427 °C

Bezkrāsas gaistošs šķidrums ar salkanu smaku, šķīst ūdenī. Izmanto lakās, krāsu noņemšanas sastāvos, tīrīšanas līdzekļos, hidrauliskajos šķidrumos un organiskajā sintēzē. Tvaiki iedarbojas narkotiski un kairina acu gļotādu, ugunsnedrošs. Toksikums neliels.

<b>2-metilpropanols-2 (<math>(CH_3)_3COH</math>)</b>	
<b>Tert-butilspirts</b>	
Molekulmasa	74
Blīvums	0,79
$t_{kušanas}$	25,5 °C
$t_{viršanas}$	82,2 °C
$t_{uzliesmošanas}$	11,1 °C
Eksplozijas robeža	2,0 % līdz 9,5 %
$t_{pašuzliesmošanas}$	480 °C

Izmanto medikamentu un smaržvielu ražošanā, ķīmiskajā sintēzē.

Tvaikiem ir spēcīga narkotiskā iedarbība, kā butanola-1,2-metilpropanola-1 tvaikiem. Nokļūstot uz ādas, izraisa vieglu kairinājumu, viegli toksisks. Ļoti ugunsnedrošs.



<b>4-metilpentanols-2 ((CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CHCH<sub>2</sub>CHOHCH<sub>3</sub>)</b>	
<b>Metilamilspirts</b>	
Molekulmasa	102
Blīvums	0,80
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	131 °C
<i>t</i> <sub>uzliesmošanas</sub>	41 °C
Eksplozijas robeža	1,0 % līdz 5,5 %

Bezkrāsas šķidrums, vāji šķīst ūdenī, šķīst etanolā un dietilēterī. Izmanto bremžu šķidrums; putu radišanai; eļļošanas piedevu, šķīdinātāju, plastifikatoru un laku ražošanā; organiskajā sintēzē.

Vāji kairina ādu, nonākot organismā – vāji toksisks; var uzliesmot, mēreni ugunsbīstams.

<b>2-etilheksanols (CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>3</sub>CH(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)CH<sub>2</sub>CHOH)</b>	
Molekulmasa	130
Blīvums	0,83
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	<-76 °C
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	185 °C
<i>t</i> <sub>uzliesmošanas</sub>	85 °C

Bezkrāsas šķidrums, nešķīst ūdenī, šķīst etanolā un dietilēterī.

Izmanto plastifikatoru ražošanā; kā šķīdinātāju, sausinātāju un putu dzēsēju; ražojot lakas, emaljas, celulozes nitrātu, pernicu, keramiku, kaučuku un papīra pārklājumus.

Vājš ādas kairinātājs un vāji toksisks nonākot organismā. Mēreni ugunsnedrošs.

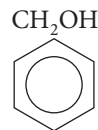
<b>Cikloheksanols (C<sub>6</sub>H<sub>11</sub>OH)</b>	
Molekulmasa	100
Blīvums	0,95
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	25,1 °C
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	161,1 °C
<i>t</i> <sub>uzliesmošanas</sub>	300 °C
<i>t</i> <sub>pašizdegšanās</sub>	161,1 °C

Bezkrāsas šķidrums, šķīst ūdenī, etanolā, dietilēterī.

Cikloheksanols ir šķīdinātājs, to izmanto ādas, lakas, krāsu un pernicu noņemšanas sastāvu un pulēšanas līdzekļu ražošanā. Plaši izmanto organiskajā sintēzē.

Ilgstoša cikloheksanola tvaiku iedarbība izraisa galvassāpes un konjunktivītu, kaut gan nopietna bīstamība nav novērota. Ilgstoša šķidrums iedarbība izraisa ādas iekaisumu, šķidrums lēnām iesūcas caur veselu ādu. Nonākot organismā, izraisa vieglu saindēšanos. No organisma cikloheksanols tiek izvadīts ar urīnu.

Fenilmetanols $C_6H_5CH_2OH$ Benzilspirts	
Molekulmasa	108
Blīvums	1,04
$t_{kušanas}$	-15,3 °C
$t_{viršanas}$	205,3 °C
$t_{uzliesmošanas}$	100,6 °C
$t_{pašaiždegšanās}$	436 °C



Bezkrāsas šķidrums ar viegli aromātisku smaržu, šķīst ūdenī, etanolā, dietilēterī, acetona.

Izmanto smaržvielu, ārstniecības preparātu, kosmētikas līdzekļu, krāsvielu, tintes un benzilēteru ražošanā. Iedarbojoties augstas koncentrācijas tvaikiem, kas satur benzilspirtu, benzolu un esteru tipa šķīdinātājus, rodas galvassāpes, reiboni, caureja un samazinās ķermeņa svārs. Vāji kairina ādu. Mēreni ugunsnedrošs.

2-hloretanols ( $CH_2ClCH_2OH$ )	
Molekulmasa	80,5
Blīvums	1,2
$t_{kušanas}$	-67,5 °C
$t_{viršanas}$	128 °C
$t_{uzliesmošanas}$	60 °C
Eksplozijas robeža	4,9 % līdz 15,9 %

Bezkrāsas šķidrums ar vāju ētera smaku, šķīst ūdenī un etanolā, vāji šķīst dietilēterī.

Izmanto organiskajā sintēzē un kā acetilcelulozes, sveķu, parafīnu, krāsvielu un laku šķīdinātāju.

Stipri toksisks nonākot organismā. Kairina acu gļotādu, izraisa reiboni, redzes traucējumus, vājumu, sliktu dūšu un vemšanu, šoku, smakšanu un samaņas zudumu. Uzliesmo un ir mēreni ugunsnedrošs.

## 7.2. Pentanoli

### Amilspirti

Amilspirtiem ir astoņi struktūras izomēri, no kuriem trim ir optiski aktīvas formas. Četri no struktūras izomēriem ir pirmējie spirti: 1-pentanols, izoakrilspirts un 2,2-dimetilpropanols, trīs ir otrējie spirti: 2-pentanols, 3-pentanols, 3-metilbutanols-2; pēdējais, astotais izomērs, ir tret-pentanols.

Iegūstot metanolu raudzēšanas procesā no graudiem, kartupeļiem, bietēm, rodas arī tā sauktās "sīveļļas", kas satur amilspirtus. Amilspirtus iegūst arī no naftas.

**Izmantošana.** Amilspirtu izmanto, ražojot laku un krāsu noņēmējus, tas ietilpst sprāgstvielā, hidraulisko bremžu šķidrums, apavu līmes, smaržvielu, medikamentu un ķīmisko reaģentu sastāvā. Izmanto taukvielu ekstrahēšanai. Spirtu maisījumu izmanto kā šķīdinātāju. Organiskajā sintēzē izmanto tikai tīrus produktus.

**Bīstamība.** Amilspirts izraisa deguna, acu un kakla gļotādas kairinājumu. Tas labi uzsūcas gremošanas traktā un plaušās, iekļūst organismā caur veselu ādu. Akūtai iedarbībai raksturīgas galvassāpes, reiboņi, slikta dūša, vemšana, caureja un samaznā zudums. Metabolisms samazinās no pirmējiem līdz trešējiem spirtiem. Trešējais spirts izdalās no organisma bez izmaiņām. Amilspirtu maisījums ir 10 reizes toksiskāks par metanolu. Neliela ugunsbīstamība.

**Drošības pasākumi.** Jāievēro visi vispārpieņemtie drošības pasākumi: jālieto aizsargkrēms un specapgērbs. Lielas amilspirta tvaiku koncentrācijas gadījumā jālieto respirators ar filtrējošu daļu, kas uzsūc organiskās vielas. Pretindes amilspirtam nav. Saindēšanās gadījumā cietušais jāiznes no apdraudētās zonas un jāsniedz medicīniskā palīdzība.

### 7.3. Aromātiskie spirti

#### Fenoli un to atvasinājumi

Fenols (C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH)	
Hidroksibenzols, karbolskābe	
Molekulmasa	94
Blīvums	1,07
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	43 °C
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	182 °C
<i>t</i> <sub>uzliesmošanas</sub>	79 °C
<i>t</i> <sub>pašaiždegšanās</sub>	715 °C

Balta kristāliska viela ar izteiktu aromātisku smaržu, kas izraisa sliktu dūšu un kairinājumu, kodīga garša. Šķīst ūdenī, etanolā, dietilēterī.

Fenolu izmanto medikamentu, sprāgstvielu, minerālmēslu, krāsu, šķīdinātāju, koksnes konservantu, sintētisko sveķu un plastmasu ražošanā un apstrādē. To plaši lieto arī naftas, ādas un papīra rūpniecībā; ražojot ziepes, rotaļlietas, krāsvielas;niecējot ādas un lauksaimniecībā.

**Bīstamība.** Kaitējums organismam tiek nodarīts, ja fenols nokļūst uz veselas ādas vai tiek ieelpoti fenola tvaiki. Hroniska saindēšanās ar fenolu šobrīd reģistrēta visai reti. Smagus saindēšanās gadījumus raksturo: gremošanas traucējumi, vemšana, apgrūtināta rīšana, pastiprināta siekalu izdalīšanās, caureja, apetītes zudums, nervu darbības traucējumi – galvassāpes, ģīboņi, reiboņi, psihiski traucējumi. Ja skartas arī aknas un nieres, sagaidāms letāls iznākums.

Fenols viegli nokļūst organismā caur veselu ādu un uzsūcas kuņģī un zarnu trak-

tā, fenola tvaiki uzsūcas plaušās. Fenols koncentrējas asinīs. Ja organismā nonāk fenola toksiskā deva, tā iedarbojas galvenokārt uz nervu sistēmu. Pirmajā stadijā paātrinās elpošanas ritms, vēlāk tas palēninās un elpošana kļūst sekla. Dažos gadījumos novēroti atsevišķu sejas muskuļu, roku un kāju krampji. Nāvējoša deva ir 1 g fenola.

**Drošības pasākumi.** Pasākumos noteikti jāparedz:

- detalizēta strādājošo instruktaža par darbu ar fenolu, tā glabāšanu un transportēšanu;
- efektīva ventilācija;
- jāievēro fenola atlieku novadišana un utilizācija, lai nepiesārņotu gaisu, ūdeni un augsni;
- speciāli pasākumi tīrot fenola tvertnes, izmantojot saspiestu gaisu un spectēru (cimdi, priekšauts, gāzmaska). Pie izejas no tīrāmajām tvertnēm jānorīko īpašs novērotājs – “drošībnieks”;
- ugunsdrošības pasākumi, jo fenols ir vidēji ugunsbīstams; fenola dzēšanai izmanto ūdeni, CO<sub>2</sub> vai sausos ķīmiskos ugunsdzēšanas materiālus;
- fenola uztveršana ar sārma šķīdumiem;
- strādājošo regulāra medicīniskā apskate.

Ja fenols nokļūst uz ādas, cietusi vieta jāmazgā ar lielu daudzumu ūdens. Apdeguma vietas nedrīkst iezīst ar krēmu vai apkaisīt ar kādu pulveri. Ja fenols iekļuvis kungī un zarnu traktā, cietušajam jādod dzert rīcinieļļu vai kādu citu augu eļļu (15 ml līdz 20 ml), lai izraisītu vemšanu. Augu eļļa palielina fenola uzsūkšanos. Noteikti jāizsauc ārsts.

Pentahlorfenols	
2,3,4,5,6-pentahloroksibenzols-1	
Molekulmasa	266,5
Blīvums	1,98
$t_{kušanas}$	174 °C
$t_{viršanas}$	309 °C

Balta kristāliska viela, vāji šķīst ūdenī, šķīst etanolā un dietilēterī.

Pentahlorfenolu un tā nātrija sāli lieto dažādu rūpniecisko produktu aizsardzībai no mikrobiem. Šie produkti ir koksne un citi celulozi saturoši materiāli, ciete, limvielas, olbaltumvielas, āda, eļļas, krāsas, latekss un gumija. Pentahlorfenolu izmanto termītu iznīcināšanai koksne un izolācijas materiālos; koksngrauzu un citu koksni bojājošu kukaiņu iznīcināšanai, lai nomāktu ūdensaugu un gļotu augšanu; herbicīdu ražošanā un rūgšanas procesu nomāksanai.

**Bīstamība.** Pentahlorfenols un tā nātrija sāls izraisa diskomfortu, šo savienojumu 10 % šķīdums jau vienreizējas iedarbības gadījumā izraisa ādas kairinājumu, 1 % šķīdums – ja iedarbojas vairākkārt.

Smalki putekļi vai aerosoli izraisa sāpīgu acu un augšējo elpošanas ceļu gļotādu kairinājumu, šis kairinājums ir kā brīdinājums ilgstošai iedarbībai, kas var izraisīt bīstamas sekas. Pentahlorfenols un tā nātrija sāls organismā nonāk caur veselu ādu,

kuņģi un zarnu traktu.

Smagas saindēšanās simptomi ir apetītes zudums, apgrūtināta elpošana, jutības samazināšanās, paaugstināta temperatūra, pastiprināta sviedru izdalīšanās, aizdusa, samaņas zudums.

**Drošības pasākumi.** Ar pentahlorfenola un tā nātrija sāli jādarbojas ļoti uzmanīgi. Jānovērš tvaiku un putekļu ieelpošana; ja tas nav iespējams, deguns un mute jāaizsargā ar respiratoru vai marles masku, bet acis – ar blīvi pieguļošām brillēm. Jālieto specapgērbs un gumijas cimdi. Specapgērbu bez tīrīšanas nedrīkst izmantot atkārtoti; pirms ēšanas, dzeršanas vai smēķēšanas seja un rokas līdz elkoņiem jāmazgā ar ziepēm. Pēc darba obligāti jāiet dušā. Jāzina, ka glotādu iekaisums ir grūti ārstējams. Ja pentahlorfenola vai tā nātrija sāls šķīdums nokļuvis organismā, cietušajam nekavējoties jādod piens un jāizraisa vemšana.

Ja paaugstinās temperatūra (pat līdz 40 °C), nedrīkst dot temperatūru pazeminošas zāles, tās nepalīdz un var pat kaitēt. Cietušais jāliek vannā ar aukstu ūdeni un jānogādā slimnīcā.

Visu hlorfenolu iedarbība un ārstēšana ir līdzīga.

Pirokatehīns (C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (OH) <sub>2</sub> ) 1,2-dihidroksibenzols	
Molekulmasa	110
Blīvums	1,37
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	105 °C
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	240 °C
<i>t</i> <sub>uzliesmošanas</sub>	27 °C

Bezkrāsas kristāliska viela, viegli sublimējas un pārdestilējas par ūdens tvaiku. Pirokatehīnu izmanto kā antioksidantu gumijas rūpniecībā, ķīmiskajā rūpniecībā, iegūstot krāsvielas, taukus un eļļas; arī kosmētiskajā rūpniecībā un farmācijā.

**Bīstamība.** Gadījuma saindēšanās ir visai reta. Uz ādas izraisa dermatītu. Pirokatehīns ir toksiskāks par fenolu un viegli uzsūcas kuņģī un zarnu traktā, kā arī caur veselu ādu. Iedarbības mehānisms līdzīgs fenolam. Pirokatehīns paaugstina asinsspiedienu, jo sašaurina perifēros asinsvadus.

Drošības pasākumi līdzīgi kā darbā ar pentahlorfenolu.

Rezorcīns (C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (OH) <sub>2</sub> ) 1,3-dihidroksibenzols	
Molekulmasa	
Blīvums	1,27
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	111 °C
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	28 °C
<i>t</i> <sub>uzliesmošanas</sub>	12 °C

Balta kristāliska viela, gaisā krāsojas sārta, šķīst ūdenī, etanolā, dietilēterī.

Rezorcīnu izmanto ādu miecēšanā, ražojot sprāgstvielas, krāsas, kosmētisku un antiseptiķus; rezorcīns ir gaisa baktericīds.

**Bīstamība.** Līdzīga fenola bīstamībai, tikai rezorcīns mazāk toksisks par pirokatehīnu. Rezorcīns bojā liesu, nieres, aknas, traucē lipīdu apmaiņu sirds muskuli, pazemina ķermeņa temperatūru, izraisa plaušu tūsku.

**Drošības pasākumi.** Ja rezorcīnu lieto kā gaisa baktericīdu, nav novērota kāda toksicitāte. Brīdinājums par rezorcīna ietekmi uz organismu ir īpatnēja smaka, salda un pēc tam rūgta garša mutē. Ugunsgrēks jādzēš ar ūdeni vai sausajiem ķīmiskajiem maisījumiem.

Hidrohinons	
1,4-dihidroksibenzols	
Molekulmasa	110
Blīvums	1,33
$t_{kušanas}$	170 °C
$t_{viršanas}$	285 °C
$t_{uzliesmošanas}$	165 °C
$t_{pašaiздеgšanās}$	515 °C

Bezkrāsas kristāliska viela, šķīst ūdenī un etanolā. Hidrohinons ir reducētājs un fotogrāfijā tiek izmantots kā attīstītājs, kā antioksidants un stabilizators (oksidējošās polimerizācijas procesos). Daudzus hidrohinona atvasinājumus izmanto kā bakteriostatiskas vielas, dažas no tām aiztur audzēju augšanu.

**Bīstamība.** Hidrohinona saindēšanās pazīmes ir līdzīgas kā rezorcīna un pirokatehīna gadījumā. Hidrohinons ir toksiskāks nekā fenols.

**Drošības pasākumi.** Hidrohinona tvaiki ir bīstamāki nekā putekļi. Tvaikiem ir kairinoša iedarbība, no acīm hidrohinons izmazgājas ar asarām, putekļi acīs paliek ilgāk un šķīstot rada lokālus augstas koncentrācijas hidrohinona putekļus. Drošības pasākumi un medicīniskā palīdzība ir līdzīgi kā darbā ar pentahlorfenolu.

## 8. ORGANISKĀS SKĀBES UN TO ANHIDRĪDI

Organiskās skābes un to atsavinājumi ir liela savienojumu grupa. Tās izmanto gandrīz visā ķīmiskajā rūpniecībā. Tā kā šo savienojumu ķīmiskā uzbūve ir visai dažāda, atšķiras arī to toksicitāte.

Šiem savienojumiem ir spēcīgākairinoša iedarbība, kas atkarīga no disociācijas konstantes un šķīdības ūdenī. Skābes un anhidrīdi var izraisīt stiprus audu bojājumus, var attīstīties jutība pret tiem, spēcīgāk iedarbojas anhidrīdi.

Organiskās skābes iedala:

- piesātinātās monokarbonskābes;
- nepiesātinātās monokarbonskābes;
- alifātiskās dikarbonskābes;
- halogenetiķskābes;
- pārējās jaukta tipa alifātiskās monokarbonskābes;
- aromātiskās karbonskābes.

### 8.1. Piesātinātās monokarbonskābes

Skudrskābe	HCOOH
Etiķskābe	CH <sub>3</sub> COOH
Propionskābe	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COOH
Sviestskābe	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> COOH
Baldriānskābe	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> COOH
Kapronskābe	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> COOH
Heptānskābe (enantskābe)	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> CH <sub>3</sub>

Šīs mazmolekulārās skābes ir stipri kairinātāji. Tās izraisa smagus audu bojājumus. Strādājot ar tām stingri jāievēro aizsardzības pasākumi, jālieto individuālās aizsardzības līdzekļi. Šļakatas, kas nonākušas uz ādas vai acīs, jānomazgā lielā daudzumā ūdens.

Kaprīliskābe	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> COOH
Pelargonskābe	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> COOH
Undecilskābe	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> COOH

Šīs skābes lieto kā fungicīdus un aromatizējošas piedevas un plastifikatoru ražošanā. Tām ir vāja kairinoša iedarbība, kairina ādu un gļotādas. Lietojot rūpnieciski, bīstamība nav novērota.

Laurilskābe	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$
Miristīnskābe	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$
Palmitīnskābe	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$
Stearīnskābe	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$
Arahīnskābe	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$
Begenskābe	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{COOH}$

Tās ir piesātinātās skābes ar garām molekulu ķēdēm – taukskābes. Tās galvenokārt izdala no dabas produktiem. Sintētiskās taukskābes iegūst oksidējot parafīnus (alifātiskos ogļūdeņražus) ar gaisa skābekli metālisku katalizatoru klātbūtnē vai oksidējot spirtus nātrija hidroksīda klātbūtnē. Šīm skābēm nav kairinošas iedarbības un tās lieto ziepju, ziežvielu, aizsargpārklājumu u. c. ražošanā. Tās ir maztoksiskas un nerada problēmas to izmantošanā.

Skudrskābe (HCOOH)	
Molekulmasa	46
Blīvums	1,22
$t_{\text{kušanas}}$	8,4 °C
$t_{\text{viršanas}}$	100,7 °C
$t_{\text{uzliesmošanas}}$	68,9 °C
Eksplozijas robeža	18–57 %
$t_{\text{pašaizdegšanās}}$	434 °C

Bezkrāsas kūpošs šķidrums ar asu smaku, šķīst ūdenī, etanolā, dietilēterī.

Skudrskābi lieto krāsošanas procesā, kā atpelnotāju ādu rūpniecībā, kā lateksa koagulantu, niķelēšanas vannu sastāvos.

Skudrskābe rada smagus acu, gļotādas un ādas bojājumus. To raksturs tāds pats kā jebkuras stipras skābes iedarbībā. Hroniska vai pārmantojama iedarbība nav novērota. Skudrskābe ir degoša, tās tvaiki ar gaisu veido degošus un sprādzienbīstamus maisījumus.

Darba vietās jāparedz efektīva ventilācija, jālieto individuālie aizsardzības līdzekļi, kas pasargā no ķīmiskiem apdegumiem. Strādājot ar skudrskābi, tuvumā nedrīkst atrasties atklāta liesma un citi karstuma avoti, īpaši ja skudrskābe tiek uzglabāta temperatūrā, kas augstāka par 69 °C.



Etiķskābe (CH <sub>3</sub> COOH)	
Molekulmasa	60
Blīvums	1,04
$t_{kušanas}$	16,6 °C
$t_{viršanas}$	117,9 °C
$t_{uzliesmošanas}$	42,8 °C
Eksplozijas robeža	5,4 % līdz 16 %
$t_{pašaiždegšanās}$	516 °C

Bezkrāsas šķidrums ar asu smaku, šķīst ūdenī, etanolā, dietilēterī.

Etiķskābe ir viena no visplašāk izmantojamām organiskajām skābēm. To izmanto celulozes acetātu, vinilacetātu, neorganisko acetātu (Al(CH<sub>3</sub>COO)<sub>3</sub>, organisko acetātu (esteru), etiķskābes anhidrīdu (CH<sub>3</sub>CO)<sub>2</sub>O ražošanā. To lieto krāsošanā, farmaceutiskajā un konservu rūpniecībā, ražojot pigmentus u. c.

**Bīstamība.** Etiķskābes tvaiki ar gaisu veido sprāgstošu maisījumu, kas ir ugunsne droši, turklāt papildus izdalās ūdeņradis. "Ledus" etiķskābe ir stiprs ādas kairinātājs, rodas ķīmiskie apdegumi un čūlas. Nejauši norijot rodas smagi čūlaini gremošanas trakta bojājumi ar asiņainu vemšanu un šoku.

Tvaiki kairina gļotādas un augšējos elpošanas ceļus. Hroniskas saindēšanās gadījumā rodas hronisks faringīts, bronhu iekaisums, astma, palielinās limfmezgli, attīstās zobu kariess. Roku āda kļūst sausa, trausla, pārragojas, nelielas rētas dzīst lēni.

**Drošības pasākumi.** Uzglabājot etiķskābi, tuvumā nedrīkst atrasties aizdegšanās avoti un oksidētāji. Noliktavu telpām jābūt labi ventilējamām, lai nerastos bīstama tvaiku koncentrācija. Uzglabāšanas tilpnes jāgatavo no nerūsošā tērauda. Izlijušu etiķskābi neitralizē ar sārma šķīdumu. Uz konteineriem jābūt marķējumam un brīdinājuma zīmēm. Etiķskābe tiek kvalificēta kā bīstama viela.

Strādājot ar tīru etiķskābi vai tās koncentrētu šķīdumu, jālieto individuālie aizsardzības līdzekļi acīm, sejai, rokām un respiratori. Strādājošiem jāparedz regulāras medicīniskās apskates, tai skaitā pie dermatologa un oftalmologa.

Propionskābe (CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COOH)	
Molekulmasa	74
Blīvums	0,99
$t_{kušanas}$	-22 °C
$t_{viršanas}$	141 °C
$t_{uzliesmošanas}$	54 °C
Eksplozijas robeža	2,1 % līdz 12 %
$t_{pašaiždegšanās}$	485 °C

Elļains šķidrums ar asu piedeguma smaku, sajaucas ar ūdeni (šķīst). Propionskābi izmanto ķīmiskajā sintēzē, kā pelēšanas inhibitoru, konservējot pārtikas produktus. Kairina ādu, elpošanas ceļus un acis. Drošības pasākumi tādi paši kā darbā ar skudrskābi.

## 8.2. Nepiesātinātās monokarbonskābes

Akrilskābe	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{COOH}$
Metakrilskābe	$\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{COOH}$
Krotonskābe	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}-\text{COOH}$

Šīs skābes ir ļoti reaģētspējīgas un viegli polimerizējas gaismas, siltuma un skābekļa ietekmē. Polimēriem ir augsta viskozitāte, ūdenī labi uzbriest. Šādus polimērus lieto par krāsu un emalju sabiezinātājiem un iespiedkrāsu saistvielu, medicīnas preparātu ražošanā. Šo skābju koncentrēts šķīdums spēcīgi kairina ādu, acis, elpošanas ceļus.

## 8.3. Alifātiskās dikarbonskābes

Skābeņskābe	$\text{HOOC}-\text{COOH}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Malonskābe	$\text{HOOCCH}_2\text{COOH}$
Dzintarskābe	$\text{HOOCCH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$
Ābolskābe	$\text{HOOCCH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{COOH}$
Tioābolskābe	$\text{HOOCCH}(\text{SH})\text{CH}_2\text{COOH}$
Vīnskābe	$\text{HOOC}(\text{CHOH})_2\text{COOH}\cdot \text{H}_2\text{O}$
Adipīnskābe	$\text{HOOC}(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$
Pimelīnskābe	$\text{HOOC}(\text{CH}_2)_5\text{COOH}$
Azelaīnskābe	$\text{HOOC}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
Sebacīnskābe	$\text{HOOC}(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$
Citronskābe	$\text{HOOC}(\text{CH}_2)\text{C}(\text{OH})\text{COOHCH}_2\text{COOH}$
Maleīnskābe	$\text{HOOCCH}=\text{CHCOOH}$
Fumārskābe	$\text{HOOCCH}=\text{CHCOOH}$
Itakonskābe	$\text{HOOCCH}=\text{CHCH}_2\text{COOH}$

Dikarbonskābes izmanto pārtikas produktu, dzērienu, medikamentu ražošanā un daudzos rūpnieciskos procesos. Lielākais vairums šo skābju mazās devās nerada bīstamību un piedalās cilvēka organisma vielmaiņas procesā. Daudzas no šīm skābēm ir ar vispārēju kairinošu iedarbību, īpaši koncentrēta šķīduma vai putekļu veidā.

**Skābeņskābe (HOOC-COOH·2H<sub>2</sub>O)**

Molekulmasa	126
Blīvums	1,65
$t_{\text{kušanas}}$	101–102 °C
$t_{\text{viršanas}}$	157 °C

Caurspīdīgi bezkrāsas kristāli, šķīst ūdenī un etanolā.

Skābeņskābi un tās sāļus (oksalātus) plaši izmanto ķīmiskajā sintēzē, balināšanā, metālu pulēšanā un rūsas noņemšanā. Skābeņskābe ir stipra skābe, kas cietā veidā vai koncentrētā šķīdumā var radīt ādas, acu un gļotādu apdegumus. Nāve iestājas, norijot vairāk nekā 5 g skābeņskābes. Simptomi parādās ātri, novērojams šoka stāvoklis un krampji. Šādos gadījumos tiek bojātas nieres, tajās nogulsņējas kalcija oksalāts. Ilgstoša skābes vai tās sāļu iedarbība uz ādas rada vietējas sāpes un gangrēnu. Tā kā skābe ir ļoti stipra, rūpīgi jākontrolē strādājošo veselības stāvoklis.

**Drošības pasākumi.** Strādājošie jāapgādā ar ādas un acu aizsardzības līdzekļiem. Ja pastāv iespēja, ka no karstiem skābeņskābes šķīdumiem var veidoties aerosoli vai gaisā iespējami sāļu putekļi, jānodrošina laba ventilācija un jālieto droši respiratori. Īpaša uzmanība jāvelta cilvēkiem, kas sirgst ar roku asinsvadu slimībām. Šādus cilvēkus nevajadzētu nodarbināt darbos ar skābeņskābi.

**Maleīnskābe (HOOCCH=CHCOOH)**

Molekulmasa	116
Blīvums	1,59
$t_{\text{kušanas}}$	137 °C līdz 138 °C
$t_{\text{viršanas}}$	sadalās

Bezkrāsas kristāli ar raksturīgu velkošu garšu un vāju smaku.

Maleīnskābi izmanto sintētisko sveķu ražošanā, tās sāļus – krāsojot kokvilnu, vilnu, zīdu; sintezējot ābolskābi, dzintarskābi, asparģīnskābi, vīnskābi, propionskābi, pienskābi, malonskābi un akrilskābi; kā konservantu eļļām un taukiem.

Maleīnskābe ir stipra skābe, tā izraisa ādas un gļotādu kairinājumu. Stiprus acu bojājumus var izraisīt pat 5 % skābes šķīdums. Kumulatīvo efektu neizraisa. Maleīnskābe rada galvenokārt neapsegto ķermeņa daļu vispārēju kairinājumu, tādēļ jālieto atbilstoši individuālās aizsardzības līdzekļi un cimdi.

**Fumārskābe (HOOCCH=CHCOOH)**

Molekulmasa	116
Blīvums	1,63
$t_{\text{sublimācijas}}$	200 °C

Bezkrāsas kristāli bez smakas ar skābenu augļu garšu; vāji šķīst ūdenī.

Fumārskābi izmanto poliesteru un alkīdsveķu ražošanā, kā pārtikas produktu paskābinātāju, organiskajā sintēzē. Fumārskābe ir vāja skābe, tā piedalās normālā

vielmaiņas procesā un ir mazāk toksiska par vīnskābi. Cilvēkam nav kaitīga deva 500 mg dienā gada laikā. Fumārskābe vāji kairina ādu un gļotādas un nav kaitīga rūpnieciskajā izmantošanā.

Adipīnskābe (HOOC(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> COOH)	
Molekulmasa	146
Blīvums	1,36
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	153 °C
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	337 °C
<i>t</i> <sub>uzliesmošanas</sub>	210 °C
<i>t</i> <sub>pašizdegšanās</sub>	420 °C

Apmēram 90 % adipīnskābes izmanto neilona ražošanā. Nelielu daudzumu izmanto plastikatoru, ziežvielu, poliuretānu ražošanā un pārtikas produktu skābināšanai.

Nokļūstot organismā, adipīnskābe neizraisa kairinājumu un nav toksiska.

## 8.4. Halogēnetiķskābes

Hloretiķskābe	ClCH <sub>2</sub> COOH
Dihloretiķskābe	Cl <sub>2</sub> CHCOOH
Trihloretiķskābe	Cl <sub>3</sub> CCOOH
Brometiķskābe	BrCH <sub>2</sub> COOH
Jodetiķskābe	JCH <sub>2</sub> COOH
Fluoretiķskābe	FCH <sub>2</sub> COOH
Trifluoretiķskābe	F <sub>3</sub> CCOOH

Šie savienojumi ir ar labu reaģētspēju un tos plaši izmanto kā starpproduktus farmaceitisko preparātu un herbicīdu ražošanā.

Šīs skābes izraisa smagus ādas un gļotādu bojājumus' nonākot gremošanas traktā, tiek traucēta organisma fermentu sistēma.

Strādājot ar šīm skābēm, stingri jāievēro drošības pasākumi – jālieto specapgērbs. Visbīstamākā ir fluoretiķskābe un tās atvasinājumi.

Fluoracetātus izmanto kā zīdītāju zoocīdus; tie ir efektīvi līdzekļi pret lauksaimniecības kaitēkļiem, jo šie savienojumi ir toksiski, ātri uzsūcas, tiem nav nepatīkama smaka vai garša, tie nav gaistoši un ir ķīmiski stabili, taču tie ir bīstami strādājošiem. Fluoracetāti bojā nervu, kā arī sirds un asinsvadu sistēmu. Strādājot ar šiem savienojumiem, jābūt īpaši piesardzīgiem.

## 8.5. Jaukta tipa alifātiskās monokarbonskābes

### Glikolskābe HOCH<sub>2</sub>COOH

Šo skābi izmanto ādu rūpniecībā r un tekstilrūpniecībā, metālu elektropārklājumu iegūšanai, metālu attīrīšanai, ražojot līmvielas. Glikolskābe ir stiprāka par etiķskābi un izraisa ļoti smagus ādas un acu ķīmiskos apdegumus. Šai skābei nepiemīt komutatīvais efekts, uzskata, ka pie metabolisma procesā tā pārvēršas glicīnā.

Strādājot ar glikolskābi, jāievēro tādi paši drošības pasākumi kā darbā ar etiķskābi.

### Aminoetiķskābe (glicīns) NH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>COOH

Aminoetiķskābi izmanto organiskajā sintēzē un kā buferagentu. Tā ir atrodama olbaltumvielu sastāvā. Darbā ar šo skābi nav nepieciešami speciāli drošības pasākumi.

### Sulfoetiķskābe HOSO<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>COOH

Sulfoetiķskābe ir spēcīgs kairinātājs, koncentrētā veidā stipri bojā acis un ādu. Darbā ar šo skābi jāsarģās, lai cieta viela vai koncentrēts šķīdums nenokļūtu acīs un uz ādas, seja jāaizsarģa ar individuālās aizsarģzības līdzekļiem (aizsarģbrillēm).



Šo skābi izmanto kā balinātāju, katalizatoru un oksidētāju. Etiķpārskābe stipri kairina ādu un acis; jālieto individuālie aizsarģzības līdzekļi (aizsarģbrilles, specarģģērbs).

Augstas koncentrācijas etiķpārskābe var sadalīties ar sprādzienu; tā ir ugunsnedroša, var pārtrīnāt organisko savienojumu degšanu. Visur, kur tas iespējams, jālieto atšķaidītā veidā. Nedrīkst uzglabāt deģošu materiālu tuvumā.

### Pienskābe CH<sub>3</sub>CHOHCOOH

Šo skābi lieto pārtikas produktu skābināšanai, raģojot līmes, plastmasas un tekstilmateriālus. Pīnskābes koncentrēti šķīdumi rada acu un ādas apdegumus. Strādājot ar pīnskābi jālieto individuālie aizsarģzības līdzekļi.

### Sorbīnskābe CH<sub>3</sub>(CH=CH)<sub>2</sub>COOH

Sorbīnskābi lieto kā pārtikas produktu fungicīdu. Tā rada nelielu kairinājumu, daģiem cilvēkiem var rasties paaģstināta jutība pret šo skābi, tādēģ jāsarģās, lai sorbīnskābe nenokļūtu uz ādas.

## Merkaptopropionskābe $\text{HSCH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$

Šo skābi izmanto auksto ilgvilņu veidošanai un ķīmiskajā sintēzē. Tā ir toksiska norijot un kairina ādu. Darbā ar šo skābi jānodrošina laba ventilācija. Obligāti jālieto specapgērbs un cimdi.

## Tioetiķskābe $\text{CH}_3\text{COSH}$

Tās tvaiki kairina acis, degunu un kaklu. Jāsargās ieelpot skābes tvaikus un nepieļaut tās nokļūšanu uz ādas. Drošības pasākumi tādi paši kā darbā ar merkaptopropionskābi.

## 8.6. Aromātiskās skābes

Aromātiskās karbonskābes un sulfoskābes veido vienu no lielākajām un svarīgākajām rūpnieciski lietoto ķīmisko vielu grupām. Šīs skābes izmanto krāsvielu sintēzē, kā arī sintezējot elastomērus, medicīnas preparātus, pesticīdus un plastmasas.

Lielākais vairums šo vielu ir maztoksiskas un nerada bīstamību tās izmantojot. Tās ātri tiek izvadītas no organisma ar urīnu vai nu neizmainītā veidā, vai arī savienojumā ar glicīnu. To kairinošā ietekme ir dažāda. Bieži vien tās ir kristāliskas vielas, vāji šķīst ūdenī. Šo vielu tvaiki uz cilvēka organismu ātrāk iedarbojas paaugstinātā temperatūrā. Tad rodas acu, elpošanas ceļu un ādas kairinājums. Strādājot ar šīm vielām, jānodrošina laba ventilācija un jālieto individuālie aizsardzības līdzekļi.

### Benzosulfoskābe ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{SO}_3\text{H}\cdot 1,5\text{H}_2\text{O}$ )

Molekulmasa 158

$t_{\text{kušanas}}$  +65,8 °C (bezūdens skābe)

Bezkrāsaini gaisa mitrumā kūstoši kristāli, labi šķīst ūdenī, etanolā, vāji šķīst benzolā.

Izmanto kā starpproduktu fenola sintēzē, ražojot krāsvielas, dažādus sveķus un rezorcīnu. Benzosulfoskābes šķīdumi ir ļoti korozīvi. Tā ir bīstama sildot līdz sadalīšanās temperatūrai vai arī kontaktējoties ar skābēm vai skābām gāzēm, jo šajos gadījumos veidojas ļoti toksiski dūmi, kas satur sēra dioksīdu.

Ar šo skābi strādājošiem jālieto cimdi, aizsargbrilles, gumijas zābaki un necaurīdīgs specapgērbs. Ja veidojas iepriekš minētie dūmi, jālieto izolējoša gāzmaska.

## 8.7. Naftēnskābes

Rūpnieciskā naftēnskābe parasti ir tumšas krāsas nepatīkami smakojošs naftēnskābju maisījums. Komerccproduktu – viskozs šķidrums – var sadalīt mazmolekulārās un lielmolekulārās frakcijās. To molekulmasa ir robežās no 180 līdz 350. Visvairāk naftēnskābes lieto sīkatīvu ražošanā; svina, kobalta, mangāna naftēnskābes sāļi krāsās darbojas kā oksidētāji – ķīmisko procesu katalizatori. Galvenā naftēnskābes sāļu (sīkatīvu) labā īpašība ir to šķīdība augu eļļās.

Salicilskābe (C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (OH)COOH) 2-hidroksibenzoskābe	
Molekulmasa	138
Blīvums	1,44
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	159 °C
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	211 °C
<i>t</i> <sub>uzliesmošanas</sub>	156,1 °C
<i>t</i> <sub>pašaiždegšanās</sub>	545 °C

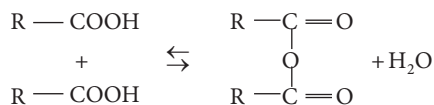
Balti adatveida kristāli vai pulveris, labi šķīst etanolā, dietilēterī.

Līdz pat 60 % no pasaulē ražotās salicilskābes izmanto acetilsalicilskābes (aspirīna) ražošanai. 15 % izmanto citu medicīnas preparātu ražošanai, atlikušo daļu izmanto dažādās rūpniecības nozarēs, piemēram, ražojot krāsvielas un gumiju.

Salicilskābe stipri kairina ādu un gļotādas. Strādājot ar šo skābi, jāievēro visi piesardzības pasākumi.

## Anhidrīdi

Par anhidrīdiem sauc oksīdus, kas, reaģējot ar ūdeni, veido skābi.



Skābju anhidrīdus iegūst, atšķeļot vienu molekulu ūdens no divām attiecīgās skābes molekulām.

Viršanas temperatūra anhidrīdiem ir augstāka nekā atbilstošai skābei, anhidrīdu fizioloģiskās īpašības līdzīgas attiecīgo skābju īpašībām, taču anhidrīdi ir vairāk kairinoši acīm un var izraisīt hronisku konjunktivītu. Anhidrīdi lēni hidrolizējas, kontaktējoties ar organisma audiem, un dažos gadījumos izraisa sensibilizāciju.

Strādājot ar anhidrīdiem, jānodrošina laba ventilācija, jāizmanto specapģērbs un pēc vajadzības arī respirators. Rūpnieciska nozīme ir etiķskābes un ftālskābes anhidrīdam. Pēdējā laikā pieaugusi maleīnskābes anhidrīda nozīme.

Etiķskābes anhidrīds ((CH <sub>3</sub> CO) <sub>2</sub> O)	
Molekulmasa	102
Blīvums	1,08
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	73,1 °C
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	139,6 °C
<i>t</i> <sub>uzliesmošanas</sub>	49 °C
Eksplozijas robeža	2,9–10,3 %
<i>t</i> <sub>pašaiždegšanās</sub>	390 °C

Bezkrāsas degošs šķidrums ar asu etiķa smaku; šķīst ūdenī, veidojot etiķskābi;

šķīst etanolā un dietilēterī.

Šo alifātisko anhidrīdu plaši izmanto celulozes esteru, aspirīna, krāsvielu un smaržvielu ražošanā, lieto kā dehidratizēšanas aģentu un analītiskajā ķīmijā.

Sildot etiķskābes anhidrīds izdala indīgus dūmus, tā tvaiki liesmas klātbūtnē var eksplodēt. Tas aktīvi reaģē ar stiprām skābēm un oksidētājiem, piemēram, sērskābi, slāpekļskābi, sālsskābi, kālija permanganātu, hroma trioksīdu, ūdeņraža hloroksīdu un sodu.

Etiķskābes anhidrīds stipri kairina ādu un acis, tam var būt smagas sekas. Acis sāk asarot, baidās gaismas, rodas konjunktivīts un radzenes uztūkums. Ieelpojot tiek kairināti elpošanas ceļi, ir dedzināšanas sajūta, klepus un smakšana. Ilgstoša iedarbība izraisa plaušu tūsku. Norijot sākas sāpes, slikta dūša un vemšana. Ilgstoša iedarbība uz ādu izraisa noturīgu dermatītu. Rekomendē strādāt spectērpā un aizsargbrillēs. Jābūt pieejamiem līdzekļiem acu mazgāšanai. Ja notikusi aizdegšanās, jālieto gāzmaska.

Propionskābes anhidrīds ((CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CO) <sub>2</sub> O)	
Molekulmasa	130
Blīvums	1,01
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	-45 °C
<i>t</i> <sub>uzliesmošanas</sub>	74 °C

Bezkrāsas šķidrums ar rūgtenu smaku, šķīst dietilēterī, ar ūdeni sadalās. To izmanto smaržvielu, alkādsveķu, medikamentu un krāsvielu sintēzē.

Propionskābes anhidrīdam un sviestskābes anhidrīdam tāda pati bīstamība kā etiķskābes anhidrīdam.

Maleīnskābes anhidrīds (C <sub>4</sub> H <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	
Molekulmasa	98
Blīvums	1,31
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	56 °C
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	197 °C līdz 199 °C
<i>t</i> <sub>uzliesmošanas</sub>	101,7 °C
Eksplozijas robeža	3,4 % līdz 7,1 %
<i>t</i> <sub>pašaiždegšanās</sub>	421 °C

Balti adatveida kristāli vai pulveris ar asu smaku, šķīst ūdenī, dietilēterī un acetona. To izmanto poliesteru sveķu, alkādsveķu, ķīmisko preparātu lauksaimniecībai un fumārskābes sintēzei.

Maleīnskābes anhidrīds izraisa smagus ādas un acu apdegumus. Tie rodas, ja uz mitras ādas nokļūst maleīnskābes anhidrīda šķīdums vai cietas daļiņas. Strādājot ar maleīnskābes anhidrīdu, jālieto specapģērbs un aizsargbrilles. Smalkdispers maleīnskābes anhidrīds ar gaisu veido sprāgstošu maisījumu.



**4-karboksilftāliskābes anhidrīds (C<sub>8</sub>H<sub>4</sub>O<sub>3</sub>)**

Molekulmasa	192
$t_{kušanas}$	168 °C
$t_{viršanas}$	240 °C

Balta kristāliska viela, reaģē ar ūdeni un metanolu, šķīst acetonā.

Šo anhidrīdu visvairāk izmanto plastifikatoru, ar ūdeni atšķaidāmu alkīdsveķu un poliamīdsveķu ražošanā.

Šis anhidrīds smagas saindēšanās gadījumā rada plaušu tūsku, ilgstošas iedarbības (no dažām nedēļām līdz dažiem gadiem) gadījumā attīstās astma. Aizsardzības pasākumi kā darbā ar etiķskābes anhidrīdu.

## 9.

# ALDEHĪDI UN ACETĀLI

### 9.1. Aldehīdi

Aldehīdi ir ķīmiski savienojumi ar kopējo formulu RCHO, kurā R var būt ūdeņradis vai ogleņraža radikāļi (aizvietotie vai neaizvietotie). Aldehīdu svarīgākās reakcijas:

- oksidēšanās, veidojot karbonskābes;
- reducēšanās, veidojot spirtus;
- aldola kondensācija, kuras laikā divas aldehīda molekulas katalizatora klātbūtnē reaģē viena ar otru un veido oksialdehīdu;
- Kanicaro reakcija veidojot spirtu un skābes nātrija sāli.

Aldehīdus iegūst no piesātinātajiem ogleņražiem vai arī oksidējot atbilstošus spirtus. Dažus aromātiskos aldehīdus izdala no dabas produktiem, piemēram, no ēteriskajām eļļām.

**Izmantošana.** Tā kā aldehīdi ir ļoti reakcijas spējīgi, tos izmanto kā starpproduktus sveķu, plastifikatoru, parfimērijas un esenču ražošanā.

**Bīstamība.** Daudzi aldehīdi ir gaistoši, degoši šķidrums, kuru tvaiki istabas temperatūrā ar gaisu veido sprāgstošu maisījumu. Aldehīdi izraisa ādas, acu gļotādas un elpošanas ceļu kairinājumu. Visraksturīgākais tas ir zemākajiem homologiskās rindas locekļiem, nepiesātinātajiem aldehīdiem un halogēnaizvietotajiem aldehīdiem.

Izņemot neredzīgus savienojumus, aldehīdi izraisa ādas un gļotādu kairinājumu, nomācot to anestezējošo iedarbību, t. i., šo savienojumu metabolisma efekts ir lielāks nekā to uzkrāšanās ātrums organismā. Ātrās pārmaiņas, kas ar aromātiskajiem aldehīdiem notiek cilvēka organismā, ļauj izmantot šīs vielas pārtikas produktos un garšas piedevās. Daži aldehīdi, piemēram, paraldehīds un hlorāls, iedarbojas kā miega zāles.

Acetaldehīds (CH <sub>3</sub> CHO)	
Molekulmasa	44
Blīvums	0,78
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	-124,6 °C
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	20,8 °C
<i>t</i> <sub>uzliesmošanas</sub>	-38 °C
<i>t</i> <sub>pašaiздеgšanās</sub>	175 °C

Bezkrāsas viegli uzliesmojošs šķidrums ar asu augļu aromātu, šķīst ūdenī, etanolā, dietilēterī un benzolā.

Acetaldehīds ir izejviela un starpprodukts daudzās ķīmiskajās reakcijās. Apmēram 60 % visa acetaldehīda izmanto etiķskābes iegūšanai. Acetaldehīdu izmanto, lai iegūtu:

- etilacetātus;
- etiķpārskābi;

- pīridīna atvasinājumus;
- butanolu.

Paraldehīdu – acetaldehīda trimeru – izmanto medicīnā kā miega zāles; tas ir arī labs šķīdinātājs, kaučuka vulkanizācijas aktivators un antioksidants.

Metaldehīds – degviela portatīvajiem pavardiem, dārzkopībā līdzeklis cīņai pret gliemežiem.

**Bīstamība.** Acetaldehīds ir ķīmiski ļoti aktīva viela, viegli uzliesmo un sprāgst kā šķidrā, tā arī gāzes fāzē. Tā kā viršanas temperatūra ir zema, grūti novērst tvaiku veidošanos. Pat skābes zīmju klātbūtnē notiek polimerizācija, izdaloties ļoti lielam siltuma daudzumam, kas var izraisīt sprādzienu. Atšķaidot acetaldehīdu ar ūdeni, arī izdalās siltums. Paraldehīds sadalās siltuma un saules staru iedarbībā.

Acetaldehīds kairina gļotādas un rada vispārēju narkotisku iedarbību. Ja gaisā ir liela acetaldehīda koncentrācija, parādās galvassāpes, krampji, bronhīts un plaušu tūska. Norijot iedarbojas kā narkotiska viela, sākas slikta dūša, vemšana, var apstāties elpošana. Nāve var iestāties no nieru bojājumiem un no tā, ka pārveidojas aknu un sirds taukaudi.

Norijot metaldehīdu (formaldehīdu), rodas slikta dūša, stipra vemšana, sāpes vēderā, krampji, elpošanas apstāšanās un rezultātā iestājas nāve.

Paraldehīds, ja deva pārsniedz 10 cm<sup>3</sup>, izraisa nāvi.

Atkārtota acetaldehīda tvaiku iedarbība izraisa dermatītu un konjunktivītu. Hroniskas saindēšanās simptomi atgādina hroniska alkoholisma simptomus – svara zudums, mazasinība, murgi, gaismas un dzirdes halucinācijas, intelekta kritums, psihiski traucējumi.

**Drošības pasākumi.** Acetaldehīdu uzglabā tērauda traukos līdz 20 °C temperatūrā. Acetaldehīdu pārsūknē ar saspīestu slāpekli vai kādu citu inerti gāzi. Visiem rezervuāriem jābūt saņemtiem. Izlijušu acetaldehīdu noskalo ar lielu daudzumu ūdens, savācot mazgājumos ūdeņus speciālos rezervuāros. Jāseko, lai savākšanas sistēmā nerastos acetaldehīda tvaiki, kas ar gaisu var radīt sprāgstošu maisījumu. Jau projektējot tehnoloģiskās iekārtas jāparedz personāla minimāla saskare ar acetaldehīdu. Obligāta ir laba ventilācija. Strādājošajiem jābūt instruētiem par acetaldehīda bīstamību. Strādājot jālieto cimdi, kombinezoni, speciālie apavi. Pirms pieņemšanas darbā jāveic medicīniskā apskate, lai nepieļautu darbā ar plaušu vai ādas slimībām sirgstošus cilvēkus.

Akroleīns (CH <sub>2</sub> =CH-CHO)	
Molekulmasa	56
Blīvums	0,86
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	-87,7 °C
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	52,5 °C
<i>t</i> <sub>uzliesmošanas</sub>	<17,8 °C
Eksplozijas robeža	2,8 % līdz 31 %
<i>t</i> <sub>pašaiždegšanās</sub>	234 °C

Caurspīdīgs dzeltenīgs šķidrums ar asu smaku, šķīst ūdenī un organiskajos šķīdinātājos. Akroleīns ir izejviela dažādu organisko savienojumu – plastmasas, plastifikatoru, akrilātu, audumu apretes, sintētiskās šķiedras, medikamentu un lopbarības – ražošanā. Tā tvaiki izdalās, karsējot augstā temperatūrā glicerīnu saturošas eļļas un taukus (piemēram, apstrādājot dzīvnieku taukus un kaulus), kā arī ražojot ziepes, taukskābes, stearīnu, lineļļu u. c.

**Bīstamība.** Iekšdedzes dzinēju izplūdes gāzes satur lielu daudzumu dažādu aldehīdu, tostarp akroleīnu, īpaši izmantojot dīzeļdegvielu un mazutu. Akroleīnu satur arī tabakas dūmi, īpaši gāzes fāzē.

Akroleīns ir viegli uzliesmojošs šķidrums. Tā tvaiki ar gaisu veido sprāgstošus maisījumus. Akroleīns ir ļoti reakcijas spējīgs, temperatūrā virs 20 °C tas polimerizējas, polimerizācijas reakcijas ātrums pieaug, palielinoties temperatūrai, līdz ar to nav efektīvi polimerizācijas inhibitori.

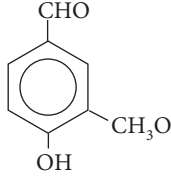
Akroleīns ir toksisks ar spēcīgi kairinošu iedarbību. Tā tvaiki bojā elpošanas ceļus un acis. Īpaši bīstama ir tvaiku ieelpošana – tiek kairināts kakls un deguns, krūtīs jūt smagumu, smakšanu, sākas slikta dūša un vemšana. Akroleīns graujoši iedarbojas uz bronhiem un plaušām.

Akroleīna mutagēnā aktivitāte zināma kopš 1948. gada. Mutagēnā iedarbība uz šūnām izpaužas kā ultramikroskopiskas izmaiņas DNS sintēzē, un akroleīns iedarbojas uz dažiem fermentiem.

**Drošības pasākumi.** Akroleīns jāuzglabā un ar to jāstrādā brīvā dabā. Ja to uzglabā telpās, jābūt labai ventilācijai. Aparatūrai jābūt hermētiskai, tajā nedrīkst iekļūt gaisa skābeklis. Darbā ar akroleīnu jālieto specapgērbs, roku, sejas, acu un deguna aizsardzības līdzekļi, respirators. Ja ir ieelpoti akroleīna tvaiki, cietušais jāiznes svaigā gaisā, jādod elpot skābekli un jānogādā medicīnas iestādē.

## 9.2. Vanilīns

Vaniļa ir orhideju dzimtas augs, kura augļi – pākstis un pupas – satur labi zināmo garšvielu vaniļu kuru bieži vien aizstāj ar sintētisko vanilīnu.

Vanilīns ( $\text{CH}_3\text{OC}_6\text{H}_4\text{OHCHO}$ )		
Vanilīna aldehīds		
Molekulmasa	152	
Blīvums	1,06	
$t_{\text{kušanas}}$	77 °C līdz 82 °C	
$t_{\text{viršanas}}$	285 °C	

Balti adatveida kristāli ar patīkamu smaržu, slikti šķīst ūdenī, ļoti labi šķīst etanolā, dietilēterī un acetona.

Dabīgo vaniļu bieži vien aizstāj ar sintētisko vanilīnu, ko iegūst no celulozes rūpniecības (celulozes sulfātvarīšanas) atkritumprodukta – lignīna. Dabīgo vaniļu un sintētisko vanilīnu plaši izmanto pārtikas rūpniecībā konfekšu, cepumu, šokolādes, saldējuma aromatizēšanai, kā arī parfimērijā. Izdalot vaniļu no vaniļas pupām, sākot ar pupu žāvēšanas stadiju, tvaiki un sula rada acu konjunktivītu. Hroniskas iedarbības rezultātā uz rokām un pirkstiem parādās tulznas, kas ar laiku neizzūd.

**Drošības pasākumi.** Tur, kur vanilīna iegūšanai izmanto karstus šķīdinātājus vai arī var veidoties vanilīna putekļu sprāgstoši maisījumi, galvenokārt jānodrošina labventilācija.

Profesionāla saslīmšana, strādājot ar vanilīnu, ir dermatīti, kas pāriet, ja pārtrauc darbu ar to.

Propionskābes aldehīds ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$ )	
Propanāls	
Molekulmasa	58
Blīvums	0,81
$t_{\text{kušanas}}$	-81 °C
$t_{\text{viršanas}}$	48,8 °C
$t_{\text{uzliesmošanas}}$	-7,2 °C
Eksplozijas robeža	3,7 % līdz 16,1 %
$t_{\text{pašaizdegšanās}}$	207 °C

Bezkrāsas šķidrums ar smacējošu smaku, šķīst ūdenī, etanolā un dietilēterī. Propanāls ir alkānsveķu sintēzes starpprodukts. Oksidējoties rodas propionskābe, reducējoties – n-propilspirts. Nelielu daļu propanāla izmanto medikamentu un lauksaimniecībā izmantojamu ķīmisko preparātu ražošanā. Propanāls ir ugunsnedrošs un kairina elpošanas ceļu gļotādu.

<b>Sviestskābes aldehīds (<math>\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CHO}</math>)</b>	
<b>Butanāls</b>	
Molekulmasa	72
Blīvums	0,80
$t_{\text{kušanas}}$	-96 °C
$t_{\text{viršanas}}$	76 °C
$t_{\text{uzliesmošanas}}$	-7 °C
Eksplozijas robeža	2,5 % līdz 12,5 %
$t_{\text{pašaizdegšanās}}$	230 °C

Bezkrāsas šķidrums ar asu smaku, šķīst organiskajos šķīdinātājos, gaisā oksidējas par n-sviestskābi, slikti šķīst ūdenī.

Butanālu izmanto organiskajā sintēzē, galvenokārt ražojot vulkanizācijas paātrinātājus. Butanāls ir ugunsdroša viela, tā tvaiki var izplatīties zemākajos atmosfēras slāņos lielā attālumā.

<b>Izsviestskābes aldehīds (<math>(\text{CH}_3)_2\text{CHCHO}</math>)</b>	
<b>2-metilpropanāls</b>	
Molekulmasa	72
Blīvums	0,79
$t_{\text{kušanas}}$	-66 °C
$t_{\text{viršanas}}$	62 °C
$t_{\text{uzliesmošanas}}$	-40 °C
Eksplozijas robeža	1,6 % līdz 10,5 %
$t_{\text{pašaizdegšanās}}$	245 °C

Bezkrāsas šķidrums ar asu smaku. Šis savienojums ir starpprodukts aminoskābes un vitamīnu sintēzē. Medicīnā izosviestskābes aldehīdu lieto kā inhibitoru un reaģentu. To izmanto pārtikas piedevu, plastifikatoru, benzīna piedevu un parfimērijas ražošanā.

<b>Krotonskābes aldehīds (<math>\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCHO}</math>)</b>	
<b>2-butenāls</b>	
Molekulmasa	70
Blīvums	0,86
$t_{\text{viršanas}}$	104 °C
$t_{\text{uzliesmošanas}}$	12,8 °C
Eksplozijas robeža	2,1 % līdz 15,5 %
$t_{\text{pašaizdegšanās}}$	232,2 °C

Bezkrāsas šķidrums ar asu smacējošu smaku, šķīst ūdenī, etanolā, dietilēterī. Visvairāk krotonskābes aldehīdu izmanto n-butilspirtu sintēzē, kā arī iegūstot

krotonskābi, virsmas aktīvās vielas, pesticīdus, medikamentus; šķīdina polivinilhlorīdu un inhibē vinilhlorīda polimerizāciju.

Krotonskābes aldehīds ir stiprs kairinātājs, kas izraisa acu radzenes apdegumu. Pēc toksiskuma pielīdzināms akroleīnam.

<b>Hloreitīkskābes aldehīds (ClCH<sub>2</sub>CHO)</b>	
<b>2-hloreitanāls</b>	
Molekulmasa	78,5
Blīvums	1,19
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	-16,3 °C
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	90 °C
<i>t</i> <sub>pašizdegšanās</sub>	87,8 °C

Bezkrāsas šķidrums ar asu smaku, šķīst dietilēterī. Izmanto 2-aminotiazola ražošanā un organiskajā sintēzē.

Hloreitīkskābes aldehīds stipri kairina ādu un acu gļotādu. Ja uz ādas nokļūst šī aldehīda 40 % šķīdums, rodas apdegums, ja ilgstoši vai atkārtoti iedarbojas 0,1 % šķīdums, rodas ievērojams kairinājums. Strādājot ar šo aldehīdu, jāievēro visi drošības pasākumi un jākontrolē tā koncentrācija gaisā.

<b>Hlorāls (Cl<sub>3</sub>CHO)</b>	
<b>Trihloroacetaldehīds</b>	
Molekulmasa	147,5
Blīvums	1,51
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	-57,5 °C
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	97,7 °C
<i>t</i> <sub>uzliesmošanas</sub>	75,0 °C

Elļains šķidrums ar kairinošu smaku. Izmanto hloralhidrātu ražošanā.

<b>Hloralhidrāts (Cl<sub>3</sub>CH(OH)<sub>2</sub>)</b>	
<b>Trihloroacetaldehīda monohidrāts</b>	
Molekulmasa	165,5
Blīvums	1,91
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	51,6 °C
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	96,3 °C (sadalās)

Bezkrāsas caurspīdīgi kristāli ar asu aromātisku smaržu, pēc garšas rūgts, šķīst ūdenī. Izmanto kā nomierinošu un miega līdzekli. No cilvēka organisma tiek izvadīts ar urīnu kā trihloreitanols, bet pēc tam kā trihloreitīkskābe. Pēc atkārtotas hloralhidrāta iedarbības ar urīnu izdalās puse no uzņemtās devas. Lielās devās hloralhidrātam ir narkotiska iedarbība un tas apgrūtina elpošanu.

Glutāraldehīds ( $\text{OCH}(\text{CH}_2)_3\text{CHO}$ )	
Molekulmasa	100
$t_{\text{viršanas}}$	187 °C

Šķīst ūdenī, etanolā. Stomatoloģijā glutāraldehīdu izmanto kā dezinfekcijas līdzekli. Uz ādas izraisa alerģisku dermatītu.

### 9.3. Ketāli

Šos aldehīdu hidrātus vai ketonu diēterus iegūst no aldehīdiem un spirtiem. Ketālus izmanto kā šķīdinātājus un plastifikatorus, kā arī organiskajā sintēzē. Ketāli piedod stiprību tādām dabīgajām līmēm kā glutīns un kazeīns.

Metilāls ( $\text{CH}_2(\text{OCH}_2)_2$ )	
Molekulmasa	76
Blīvums	0,86
$t_{\text{kušanas}}$	-104,8 °C
$t_{\text{viršanas}}$	43 °C
$t_{\text{uzliesmošanas}}$	-18 °C
Eksplozijas robeža	1,6 % līdz 17 %
$t_{\text{pašizdegšanās}}$	237 °C

Bezkrāsas degošs šķidrums ar asu smaku. Metilālu izmanto kā zāles ar atsāpinošu un miegu izraisīšu efektu, arī izgatavojot ziedes. Var izraisīt aknu un nieru saslimšanu. Lielā koncentrācijā kairina plaušas.

Dihloretilformāls ( $\text{CH}_2(\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Cl})_2$ )	
Molekulmasa	201
Blīvums	1,23
$t_{\text{viršanas}}$	218 °C
$t_{\text{uzliesmošanas}}$	110 °C

Bezkrāsas šķidrums. Izmanto kā šķīdinātāju, kā starpproduktu polisulfidkaučuka iegūšanā.

**Drošības pasākumi.** Lai izvairītos no ugunsgrēkiem un sprādzieniem, strādājot ar aldehīdu homologiskās rindas zemākajiem locekļiem, jāievēro visi piesardzības pasākumi. Īpaši piesardzīgiem jābūt darbā ar zemākajiem nepiesātinātajiem un aizvietotajiem aldehīdiem, kas izraisa gļotādu un ādas kairinājumu. Ja telpas temperatūra ir tuva aldehīda uzliesmošanas temperatūrai, no aldehīda tvaikiem un gaisa var veidoties sprāgstošs maisījums. Tāpēc darba telpās nedrīkst būt atklātas uguns avoti. Lai degošo tvaiku koncentrāciju samazinātu zem eksplozijas robežas, jāierīko vietējā un vispārējā ventilācija. Jāstrādā ar slēgtu (hermētisku) aparāturu. Jālieto specapgērbs un aizsargbrilles.



## 9.4. Ketoni

Ketoni ir vielas, kurās divus oglekļa atomus saista karbonilgrupa (=CO). Vispārējā formula – RCOR', kur R un R' ir alkilradikāļi vai arilradikāļi.

**Iegūšana.** Rūpnieciskos ketonus iegūst, katalītiski dehidrējot vai oksidējot otrējos spirtus vai arī no naftas.

Ketonus izmanto kā šķīdinātājus plastmasu, mākslīgo šķiedru, parfimērijas un ārstniecības preparātu ražošanā. Ketoni labi šķīdina arī krāsvielas, sveķus, kaučukus, darvas, parafīnus, taukus un ziežēļļas. Ketoni ir organisko vielu sintēzes starpprodukti.

**Bīstamība.** Ketoni ir ugunsnedrošas vielas, gaistošākie no tiem iztvaiko pat istabas temperatūrā, veidojot sprādzienbīstamus maisījumus ar gaisu. Cilvēka organismā ketoni parasti nonāk caur elpošanas ceļiem, daži no tiem uzsūcas caur ādu. Parasti ketoni viegli izdalās no organisma ar izelpojamo gaisu. To metabolisms izpaužas kā oksidējošā hidrolizēšanās ar sekojošu reducēšanos līdz otrējiem spirtiem. Ielpojot lielā daudzumā, ketoniem ir narkotiska iedarbība. Nelielā daudzumā tie var izraisīt sliktu dūšu un vemšanu, tiek kairināta acu un elpošanas ceļu gļotāda.

12. tabula

Ketonu<sup>1\*</sup> kairinošā iedarbība uz cilvēku

Ketons	Koncentrācija/iedarbības ilgums, mg/m <sup>3</sup> · h	Iedarbība
Acetons	2260-2950/8 stundās	Viegls mērens acu kairinājums
Acetons	1485/6 stundās	Acu, deguna, kakla, traheja kairinājums
Acetons	1485/2-4 stundās	Nav simptomu
Metiletilketons	97350/īslaicīgi	Ļoti sāpīgs kairinājums degunā
Metiletilketons	9735/īslaicīgi	Neliels acu un kakla kairinājums
Diizobutilketons	295/3 stundās	Neliels acu un kakla kairinājums. Nelielas galvassāpes
Diizobutilketons	147,5/3 stundās	Ātri pārejošs acu un kakla kairinājums

1 \* No: Criteria for a recommended standard – Occupational exposure to ketones. DHEW (NIOSH) publication No 78 – 173 (National Institute for Occupational Safety and Health, 4676 Columbia Parkway, Cincinnati), p 136.

Cilvēka jutīguma sliekšnis pret ketoniem<sup>2\*</sup>

Ketons	Labas pašsajūtas robežkoncentrācija, mg/m <sup>3</sup>	Kairinājumu izraisīša koncentrācija, mg/m <sup>3</sup>		
		acīs	degunā	kaklā
Acetons	590	1475	1475	1475
Metiletilketons	590	1022,5	1022,5	1022,5
Metilizobutilketons	295	590	>590	>590
Cikloheksanons	78,75	226,25	226,25	226,75
Mezitoloksīds	78,75	78,75	147,5	>147,5

No 13. tabulas redzams, ka jutības sliekšnim atbilst neliela koncentrācija. Fizioloģiski pastiprināti iedarbojas nepiesātinātie ketoni un homologiskās rindas augstākie locekļi. Lielu ketona devu iedarbība izraisa traucējumus centrālajā un perifērijā nervu sistēmā. Ketoni mēreni kairina ādu, bīstamākais ir n-alilketons.

Acetons (CH <sub>3</sub> COCH <sub>3</sub> )	
Molekulmasa	58
Blīvums	0,79
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	-95,3 °C
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	56,2 °C
<i>t</i> <sub>uzliesmošanas</sub>	-17,8 °C
Eksplozijas robeža	2,6 % līdz 12,8 %
<i>t</i> <sub>pašsaiždegšanās</sub>	465 °C

Bezkrāsas gaistošs šķidrums ar asu smaku, ugunsnedrošs, šķīst ūdenī, etanolā, dietilēterī. Toksiskuma robeža – 480 mg/m<sup>3</sup>.

Acetonu iegūst kalcija acetāta sausajā pārtvaicē, pārdestilējot koka spirtu, fermentējot ogļūdeņražus.

**Izmantošana.** Acetonu izmanto par šķīdinātāju, iegūstot sveķus, lakas, eļļas, taukus, celulozes acetātu un acetilēnu. Acetonu lieto krāsu, laku, pernicu, gumiju, plastmasu, krāsvielu, celulozes, fotomateriālu, sprāgstvielu, mākslīgo zīdu, mākslīgo ādu, ziežu ražošanā, kā arī iegūstot ketēnu, etiķskābes anhidrīdu, glikolus, hloroformu, C vitamīnu u. c.

**Bīstamība.** Viens no vismazāk cilvēka organismam kaitīgajiem šķīdinātājiem. Taču tas ir visai gaistošs, viegli uzliesmojošs un sprāgstošs. Ieelpojot lielos daudzumos, organismā tas var nonākt lielā koncentrācijā. Asinīs acetons nokļūst caur plaušām un izplatās visā organismā. Neliels daudzums organismā var nokļūt arī caur ādu.

Tipiski simptomi, saindējoties ar acetonu – narkotisks stāvoklis, neliels ādas kairinājums un stiprāks gļotādu kairinājums. Lielas koncentrācijas gadījumā – nemiers ar sekojošu progresējošu spēka zudumu, kam seko jutības zudums un elpošanas trau-

2 \* No: Criteria for recommended standard – Occupational exposure to ketones, op.cit. p 30.

cējumi, kas beidzas ar komu. Var sākties arī slikta dūša un vemšana, dažreiz asiņaina. Var tikt bojātas nieres un aknas. Jo ilgāka ir acetona iedarbība, jo lēnāka kļūst elpošana un pulss. Šīs pārmaiņas ir proporcionālas acetona koncentrācijai. Hroniska saindēšanās ar mazus koncentrāciju ir reta parādība; taču atkārtotas nelielas acetona koncentrācijas iedarbības gadījumā ir bijušas sūdzības par galvassāpēm, miegainību, reiboni, kakla gļotādas kairinājumu un klepu. Pie ikdienas devas 622 mg/m<sup>3</sup> 8 stundu laikā acetons asinis konstatēts jau pēc nedēļas.

Acetons ir ļoti viegli uzliesmojošs šķidrums, ļoti ugunsbīstams. Ugunsbīstams ir arī acetona ūdens šķīdums.

**Drošības pasākumi.** Acetonu uzglabā cieši noslēdzamās tērauda cisternās tumšās, vēsās, labi vēdināmās telpās; noliktavu tuvumā nedrīkst būt aizdegšanās avoti. Acetons jātransportē tērauda autocisternās, tvertnēs, konteineros, kas pasargāti no triecieniem. Pirms acetona noliešanas konteineri jāsamazina, lai pasargātu no statiskās elektrības uzkrāšanās. Aizdegušos acetonu dzēš ar sausajiem ķīmiskajiem maisījumiem. Ja gaisā ir acetona tvaiki, vēlams izmantot gāzmaskas ar aktīvās ogles filtriem. Telpās, kur strādā ar acetonu, jābūt labai ventilācijai. Atmosfērā acetona tvaikus pastāvīgi var kontrolēt ar detektoru caurulītēm. Gadījumos, kad cilvēkam ilgstoši jāuzturas augstas koncentrācijas tvaikos, acetons rada narkotisku iedarbību. Cietušais nekavējoties jānogādā svaigā gaisā; ja apstājas elpošana, nekavējoties jāveic mākslīgā elpināšana. Ja uz ādas nonācis acetons, jāmazgā ar lielu daudzumu ūdens, jānovelk samirkušais apģērbs.

Hloracetons (CH <sub>2</sub> ClCOCH <sub>3</sub> )	
Molekulmasa	92,5
Blīvums	1,15
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	-44,5 °C
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	119 °C

Bezkrāsas šķidrums ar asu smaku, vāji šķīst ūdenī, etanolā un dietilēterī.

To izmanto kā pesticīdu, kā asaras izraisītu līdzekli un krāsainajā fotogrāfijā. Hloracetona tvaiki ir spēcīgs lakrimators (asaras izraisītājs), kairina ādu un elpošanas ceļus. Lakrimācijas efekts parādās jau pie koncentrācijas 0,018 mg/l, koncentrāciju 0,11 mg/l var izturēt ne ilgāk par 1 minūti. Strādājot ar hloracetonu, jāievēro visi tie paši drošības pasākumi kā darbā ar hloru.

Bromacetons (CH <sub>2</sub> BrCOCH <sub>3</sub> )	
Molekulmasa	137
Blīvums	1,63
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	-54 °C
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	136 °C (sadalās)

Bezkrāsas šķidrums, kas pamazām krāsojas violetā krāsā, ar asu smaku, vāji šķīst ūdenī, labi šķīst etanolā un acetona. To izmanto organiskajā sintēzē un kā lakrimatoru. Bromacetons ir indīgs, stipri kairina ādu un gļotādu.

Hloracetons jāuzglabā slēgtos traukos, konteineriem jābūt blīvi noslēgtiem un precīzi marķētiem. Ar hloracetonu jāstrādā slēgtās sistēmās.

<b>Heksafluoracetons (CF<sub>3</sub>COCF<sub>3</sub>)</b>	
Molekulmasa	166
Blīvums	1,65
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	-122 °C
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	-27,5 °C

Bezkrāsas, hidroskopiska, nedegoša gāze, ar šķebinošu smaku, kas kļūst kodīga.

Heksafluoracetons ir ļoti stiprs kairinātājs, īpaši kairina acis. Gāze lielā koncentrācijā rada elpošanas traucējumus un asiņojošus konjunktivītus. Pie koncentrācijas 35,4 mg/m<sup>3</sup> rodas spermas veidošanās traucējumi un nopietnas izmaiņas asinsrades orgānos. Šīs izmaiņas var būt neatgriezeniskas.

<b>Metiletiketons (CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>COCH<sub>3</sub>)</b>	
Molekulmasa	72
Blīvums	0,81
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	-87 °C
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	79,6 °C
<i>t</i> <sub>uzliesmošanas</sub>	-6,1 °C
Eksplozijas robeža	1,8 % līdz 10 %

Caurspīdīgs, gaistošs šķidrums ar asu piparmētru smaržu.

Izmanto par šķīdinātāju celulozes atvasinājumiem (nitrocelulozi), ražojot no tiem lakas un krāsas; ražojot medikamentus, kosmētiskos līdzekļus; sastāvos, kurus izmanto parafinizācijai.

Īslaicīga 1475 mg/m<sup>3</sup> koncentrācija gaisā strādājošiem izraisa sliktu dūšu un vemšanu, zemāka koncentrācija – galvassāpes un kairinājumu kaklā. Tā kā viens no metiletiketona metabolītiem ir metanols, novērota perifērās nervu sistēmas sasilšana, kas noris bez sāpēm, parasti ar sensoro funkciju traucējumiem (tiek skartas rokas un kājas). Iemērcot rokas šķidrā metiletiketona, pirksti kļūst nejutīgi.

<b>Metil-n-propilketons (CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>COCH<sub>3</sub>)</b>	
Molekulmasa	100
Blīvums	0,81
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	-57 °C
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	126 °C
<i>t</i> <sub>uzliesmošanas</sub>	35 °C
Eksplozijas robeža	1,2 % līdz 8 %

Bezkrāsas šķidrums ar acetona smaku.

Izmanto galvenokārt laku un krāsu rūpniecībā.

Šis šķīdinātājs izraisa perifērās nervu sistēmas sasilšanu.

<b>Metilzobutilketons ((CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CHCH<sub>2</sub>COCH<sub>3</sub>)</b>	
Molekulmasa	100
Blīvums	0,80
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	-84,7 °C
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	116,8 °C
<i>t</i> <sub>uzliesmošanas</sub>	17 °C
Eksplozijas robeža	1,4 % līdz 7,5 %

Bezkrāsas šķidrums ar ketoniem raksturīgu smaku.

Izmanto ražojot audumus apdrukas mašīnās. Augstā koncentrācijā strādājošiem rada kuņģa un zarnu trakta darbības un centrālās nervu sistēmas traucējumus.

<b>Metil-n-amilketons (CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>4</sub>COCH<sub>3</sub>)</b>	
Molekulmasa	114
Blīvums	0,82
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	150 °C
<i>t</i> <sub>uzliesmošanas</sub>	44,4 °C

Bezkrāsas šķidrums ar vāju banāna smaržu.

Izmanto galvenokārt uznesot pārklājumus uz metāla valčiem. Kairina ādu, lielā koncentrācijā narkotiska iedarbība, taču nav neirotisks.

<b>5-metil-3-heptanons (CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CHCH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>COCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>)</b>	
Molekulmasa	128
Blīvums	0,82
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	157 °C
<i>t</i> <sub>uzliesmošanas</sub>	59 °C

Bezkrāsas šķidrums ar vāju augļu smaržu.

Izmanto kā nitrocelulozes-alkīdu, nitrocelulozes-maleīnskābes un vinilsveķu šķīdinātāju.

<b>Diacetonspirts ((CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>COHCH<sub>2</sub>COCH<sub>3</sub>)</b>	
Molekulmasa	116
Blīvums	0,94
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	-42,8 °C
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	169,2 °C
<i>t</i> <sub>uzliesmošanas</sub>	64,4 °C
Eksplozijas robeža	1,8 % līdz 6,9 %

Bezkrāsas šķidrums ar piparmētru smaržu. Šķīdina celulozes atvasinājumus, vinilsveķus, ir bremžu šķidruma sastāvdaļa.

Kairina acis un augšējos elpošanas ceļus. Lielā koncentrācijā izraisa bezmiegu un uzbudinājumu. Ilgstošas iedarbības rezultātā tiek bojātas nierēs un aknas, izmainās asins sastāvs.

<b>Mezitoloksīds (CH<sub>3</sub>COCH=C(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>)</b>	
Molekulmasa	98
Blīvums	0,85
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	-59 °C
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	130 °C
<i>t</i> <sub>uzliesmošanas</sub>	30,6 °C
Eksplozijas robeža	1,4 %
<i>t</i> <sub>pašaiždegšanās</sub>	344 °C

Šķidrums, kas maina krāsu no bezkrāsas līdz dzeltenam, ar stipru piparmētru smaržu. Labi šķīdina nitrocelulozi, vinilsveķus un kaučuku.

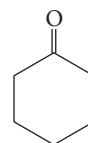
Mezitoloksīds ir spēcīgs kairinātājs gan šķidrā, gan tvaiku veidā. Kairina acis, pat līdz radzenes atmiršanai. Īslaicīgas iedarbības rezultātā rodas narkotisks stāvoklis, ilgstoša iedarbība izraisa aknu, nieru un plaušu sasilšanu. Labi uzsūcas caur ādu.

<b>ω-hloracetofenons (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>COCH<sub>2</sub>Cl)</b>	
<b>Asaru gāze</b>	
Molekulmasa	154,5
Blīvums	1,19
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	-56 °C
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	244 °C
<i>t</i> <sub>uzliesmošanas</sub>	117,7 °C

Balti kristāli ar specifisku smaku.

Izmanto kā asaru gāzi, šis ketons stipri kairina acis, izraisot asarošanu. Sildot sadalās, izdalot toksiskus dūmus.

<b>Cikloheksanons (C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O)</b>	
Molekulmasa	98
Blīvums	0,95
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	-16,4 °C
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	156 °C
<i>t</i> <sub>uzliesmošanas</sub>	43,9 °C



Bezkrāsas šķidrums ar acetona un piparmētru smaržu.

Izmanto kā starpproduktu ražojot adipīnskābi, no kuras ražo neilonu. Tajā šķīst nitroceluloze, kaučuks, vaski. Šis ketons lielā koncentrācijā izraisa nopietnus aknu, nieru un sirds muskuļa bojājumus; ilgstoša iedarbība izraisa kataraktu, un grūtniecēm iespaido embrija attīstību.

**Drošības pasākumi.** Ražojot vai izmantojot ketonus, jānodrošina, lai darba telpās neveidotos to tvaiki. Neirotoksiskos ketonus (metilētilketons, metil-n-butilketons) vēlams aizstāt ar citiem.

Pieņemot darbā strādniekus, jāveic medicīniskā apskate, kas darbības laikā periodiski jāatkārto, pievēršot uzmanību centrālās un perifērās nervu sistēmas stāvoklim, elpošanas ceļiem, acīm, aknām un nierēm.

Jālieto cimdi un aizsargbrilles. Jāgādā par ugunsdrošību.

## 9.5. Amīni

### Alifātiskie amīni (alkilamīni)

Šie savienojumi rodas aizvietojojot amonjakā ( $\text{NH}_3$ ) vienu, divus vai trīs ūdeņraža atomus ar alkil- vai alkoksiradikāļiem. Zemākie amīni, tāpat kā amonjaks, ir gāzes un labi šķīst ūdenī; augstākie homologi ūdenī nešķīst. Visi alifātiskie amīni šķīdumos dod bāzisku reakciju un veido sāļus. Sāļi ir cietas, negaistošas vielas bez smakas, tie labi šķīst ūdenī. Pēc amonjakā aizvietoto ūdeņraža atomu skaita amīnus iedala pirmējos ( $\text{RNH}_2$ ), otrējos ( $\text{R}_2\text{NH}$ ) un trešējos ( $\text{R}_3\text{N}$ ).

**Izmantošana.** Alifātiskos amīnus izmanto ķīmiskajā rūpniecībā, farmaceitisko preparātu ražošanā, kā arī krāsvielu, kaučuku, polimēru katalizatoru un cietinātāju, jonu apmaiņas sveķu un fotoreāģentu ražošanā.

**Bīstamība.** Tā kā amīni ir bāzes un veido stiprus bāziskus šķīdumus, tie kairina ādu un acis. Īpaši toksiskas īpašības tiem nav; zemākie alifātiskie amīni ir atrodami muskuļaudu sastāvā, tāpēc tie ir pārtikas produktos, īpaši zivīs, kurām tieši amīni piedod īpatnējo smaržu. Tomēr bīstamību izraisa viena problēma: daži alifātiskie amīni reaģē ar nitrātiem vai nitrītiem, viedojot nitrozosavienojumus, kas ir potenciāli kancerogēni.

Metilamīns ( $\text{CH}_3\text{NH}_2$ )	
Molekulmasa	31
Blīvums	0,70
$t_{\text{kušanas}}$	-93,5 °C
$t_{\text{viršanas}}$	-6,3 °C
$t_{\text{uzliesmošanas}}$	0 °C
Eksplozijas robeža	4,9 % līdz 20,7 %
$t_{\text{pašaiždegšanās}}$	430 °C

Bezkrāsas gāze ar stipru amonjaka smaku, ļoti labi šķīst ūdenī.

Izmanto ādu mīcēšanā un organiskajā sintēzē. Metilamīns ir stiprāka bāze nekā amonjaks; tā tvaiki izraisa acu un elpošanas ceļu kairinājumu. Kopumā tas ir nekaitīgs.

<b>Dimetilamīns ((CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>NH)</b>	
Molekulmasa	45
Blīvums	0,68
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	-96 °C
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	7,4 °C
<i>t</i> <sub>uzliesmošanas</sub>	12,2 °C
Eksplozijas robeža	2,8 % līdz 14,4 %

Bezkrāsas šķidrums vai gāze, ļoti labi šķīst ūdenī.

Izmanto gumijas rūpniecībā kā vulkanizācijas paātrinātāju, ražojot ziepes. Tvaiki viegli uzliesmo un kairina ādu un acis. Šķīdumi ir ļoti bāziski.

<b>Etilamīns (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>NH<sub>2</sub>)</b>	
Molekulmasa	45
Blīvums	0,69
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	-84 °C
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	16,6 °C
<i>t</i> <sub>uzliesmošanas</sub>	0 °C
Eksplozijas robeža	3,5 % līdz 14 %

Bezkrāsas šķidrums ar stipru amonjaka smaku. Tas ir lateksu stabilizators, izmanto gumijas rūpniecībā un krāsvielu ražošanā.

Etilamīna tvaiki kairina acis un bojā radzeni. Citi toksiski efekti nav novēroti. No organisma etilamīns tiek izvadīts nemainītā veidā.

<b>n-butilamīns (CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>NH<sub>2</sub>)</b>	
Molekulmasa	73
Blīvums	0,76
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	-50,5 °C
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	77,8 °C
<i>t</i> <sub>uzliesmošanas</sub>	7 °C
Eksplozijas robeža	1,7 % līdz 9,8 %
<i>t</i> <sub>pašaiždegšanās</sub>	312 °C

Tas ir stipri bāzisks šķidrums. Izmanto farmācijas rūpniecībā, ražojot krāsvielas, gumiju. Lauksaimniecībā izmanto kā pesticīdu. Iedarbojas uz centrālo nervu sistēmu, bet galvenais toksiskais efekts ir acu un elpošanas ceļu kairinājums. Nonākot organismā, n-butilamīns ātri metabolizējas.



## Aromātiskie amīni

Aromātiskie amīni – aromātisko ogļūdeņražu (benzola, toluola, naftalīna, antracīna, difenila u. c.) atvasinājumi, kuros vismaz viens ūdeņraža atoms aizvietots ar aminogrupu ( $-NH_2$ ). Ja viens ūdeņraža atoms aminogrupā aizvietots ar alkilgrupu vai arilgrupu, iegūst otrējos amīnus. Ja aizvietoti abi ūdeņraža atomi, iegūst trešējo amīnu. Savienojums var saturēt vienu, divas vai trīs aminogrupas. Aromātiskajiem amīniem ir liela praktiska nozīme.

Anilīns ir vienkāršākais aromātiskais amīns, kas benzola gredzenā satur vienu  $NH_2$  grupu. Bieži vien tiek izmantots arī dimetilānilīns un dietilānilīns, hloraanilīns, nitroanilīns, toluīdīns, hlortoluīdīns, fenilendiamīns un acetamīns. No bicikliskajām nekondensētajām sistēmām veselībai kaitīgs ir o-toluīdīns, o-dianizidīns, 3,3'-dihlorbenzidīns un 4-aminodifenils. Ļoti kancerogēni ir naftilamīni un aminoantracēni.

**Izmantošana.** Aromātiskie amīni sastopami dabā. Tie ir sintētiski savienojumi, kurus galvenokārt izmanto citu savienojumu iegūšanai. Mūsdienās starptautiskajā tirgū vislielākā nozīme ir anilīnam un 2,4-toluoldiamīnam, kurus izmanto kā starpproduktus izocionātu iegūšanā un kā galveno izejvielu poliuretānu iegūšanai. Aromātiskos amīnus, īpaši anilīnu, izmanto krāsvielu un pigmentu ražošanā. Pati lielākā krāsvielu klase ir azokrāsvielas, ko iegūst diazotēšanas procesā. Šajā procesā amīns reaģē ar slāpekļskābi minerālskābes klātbūtnē, rodas diazonija sāļi, kuri pēc tam reaģē ar fenolu vai amīnu. Cita svarīga krāsvielu klase – trifenilmetāna krāsvielas. Tās arī iegūst no aromātiskajiem amīniem. Vēl viena aromātisko amīnu lietošanas sfēra – gumijas antioksidantu un antiaromātu ražošana; vielas, kas palielina gumijas noturību pret novecošanos. Merkaptobenzotiazolu un tā atvasinājumus izmanto kā vulkanizācijas paātrinātāju. Kā antioksidantu un antiozonantu izmanto tādus anilīna atvasinājumus, kā fenilendiamīns, fenil- $\beta$ -naftilamīns, anilindifenilamīns, kā arī anilīna un acetona kondensācijas produktus.

p-fenilendiamīnu un p-aminofenolu izmanto matu un kažokādu krāsošanai. Difenildiaminometānu lieto kā epoksīdu sveķu cietinātāju. N-acetil-p-aminofenolu izmanto kā sāpes remdējošu un temperatūru pazeminošu līdzekli. Fuksīnu (amīnrozā) un auramīnu izmanto kā krāsvielu poligrāfijā. Dažus vairāk veselībai bīstamus aromātiskos amīnus turpina lietot parastās laboratorijas analizēs. Piemēram, benzidīnu un o-toluīdīnu izmanto, lai konstatētu tā sauktās slēptās asinis (bioloģiskos objektos), bet 1-naftilamīnu – analizējot nitrītu saturu ūdenī.

**Bīstamība.** Dažu aromātisko amīnu ražošana un izmantošana var radīt nopietnus un reizēm negaidītus draudus. Tāpēc aromātiskos amīnus cenšas aizstāt ar citiem vai arī nodrošina drošības pasākumus to iedarbības novēršanai.

Aromātiskie amīni var būt kaitīgi cilvēka organismam arī tad, ja ir tikai piemaisījumi kādā produktā vai veidojas ķīmisku reakciju rezultātā no kāda cita izmantotā savienojuma, vai arī metabolisma rezultātā cilvēka organismā veidojas kādi citi vēl sarežģītāki atvasinājumi.

Amīni cilvēka organismā nonāk caur ādu, aromātiskie amīni šķīst taukos un tad

izplatās pa visu organismu. Organismā tie var nonākt pa elpošanas ceļiem tvaiku un putekļu veidā, kaut gan lielākā daļa amīnu istabas temperatūrā ir maz gaistoši. Sevišķi bīstama ir situācija, ja amīni organismā nonāk caur gremošanas sistēmu (norijot). Organismam ļoti bīstami ir amīnu metabolīti. Daži no tiem var radīt methemoglobīnēmiju, citi ir kancerogēni. Metabolītiem ir hidroksilamīnu uzbūve ( $R-NHOH$ ), tie pārvēršas aminofenolos ( $H_2N-R-OH$ ).

Aromātiskie amīni izraisa dažādas patoloģijas, kas dažādām vielām ir atšķirīgas. Katra no tām jāvērtē atsevišķi:

- ilgstošas iedarbības rezultātā attīstās urīnpūšļa vēzis;
- akūta saindēšanās izraisa methemoglobīnēmiju, kas noved pie hipoksijas;
- daudzi amīni darbojas kā ādas sensibilizatori;
- retāk satopama elpošanas ceļu sensibilizācija;
- aknu bojājumi.

Amīni izraisa vēzi; pirmo reizi bieža saslimšana ar to tika konstatēta krāsvielu ražošanā strādājošiem, arī nosaukums sākumā bija "anilīna vēzis". Pirmējie amīni izraisa dermatītu.

Smagos saindēšanās gadījumos o- un p- toluidinamīns izraisa cistītus. Īpaši smagus cistītus rada halogēnaizvietotie aromātiskie amīni (5-hlor-o-toluidīns). Daži diamīni bojā aknas, izraisot toksisko hepatītu. Ir aprakstīti vairāki gadījumi, kad p-fenildiamīns izraisa astmu.

Anilīns ( $C_6H_5NH_2$ )	
Molekulmasa	93
Blīvums	1,02
$t_{kušanas}$	-6,2 °C
$t_{viršanas}$	184 °C
$t_{uzliesmošanas}$	70 °C
Eksplozijas robeža	1,3 %
$t_{pašizdegšanās}$	619 °C

Caurspīdīgs, gandrīz bezkrāsas eļļains šķidrums ar raksturīgu smaku, mēreni šķīst ūdenī un lielākajā vairumā organisko šķīdinātāju. Anilīnu izmanto krāsvielu, antioksidantu, antiozonātu un p,p'-metilēnbisfenildiizocianāta ražošanā.

**Bīstamība.** Anilīns ir degošs, ar vidēju ugunsbīstamību. Organismā tas viegli uzsūcas caur ādu vai ieelpojot. Tā kā anilīns ir pietiekami gaistošs, telpā viegli veidojas bīstama tvaiku koncentrācija. Anilīns šķīst lipīdos un šķidrā veidā ļoti viegli nokļūst organismā caur veselu ādu, mazāk tvaiku veidā. Bojājumi ir atkarīgi no temperatūras telpā; no cilvēka ādas stāvokļa; no tā, kā attiecīgais savienojums šķīst ūdenī un lipīdos; no izmantotā šķīdinātāja tipa. Elpošanas ceļos šķidrās anilīns uzsūcas 1000 reizi vairāk nekā tvaiki.

Lai nesaindētos ar anilīnu, jālieto specapgērbs, āda jāmazgā ar ūdeni.

Akūta saindēšanās ar anilīnu, tā homologiem un atvasinājumiem nomāc hemoglobīna funkcijas, jo veidojas methemoglobīns. Ja anilīna koncentrācija pārsniedz

30 %, āda kļūst tumša, pēc tam sākas galvassāpes, rodas vājums, slikta pašsajūta. Tālāka anilīna iedarbība izraisa komu, sirds apstāšanos un iestājas nāve. Lielākā daļa akūto saindēšanos labi padodas ārstēšanai un pēc 2–3 dienām simptomi izzūd. Alkohola lietošana paātrina un pastiprina saindēšanos. Vieglas saindēšanās gadījumā pacientam jānodod elpot skābekli.

Anilīna atvasinājumiem ir tāda pati bioloģiskā iedarbība kā anilīnam. Atšķirība ir tikai iedarbības pakāpē vai arī lokalizācijā dažādos orgānos. Anilīna sāļu toksiskums ir tāds pats kā anilīnam, jo sāļi šķīst ūdenī, nešķīst lipīdos, tie neuzsūcas caur ādu un elpošanas ceļiem.

**Drošība pasākumi.** Strādnieki jābrīdina par anilīna bīstamību, jālieto specapgērbis, kas katru dienu jāmazgā, darba beigās jāiet dušā. Āda un spectērps pēc notraipīšanas nekavējoties jāmazgā ar ūdeni, strādājošiem jābūt nepārtrauktā mediķu uzraudzībā. Specapgērbis tiek notraipīts arī ar tvaikiem, tādēļ tas jānoģērbj. Ķermenis, mati un kājas rūpīgi jāmazgā ar siltu ūdeni un ziepēm.

Degošu anilīnu dzēš ar putām, ogļskābi un sausajiem pulveriem, ar tetrahloroglekli (tikai ne ūdeni!).

## Aminofenoli $H_2NC_6H_4OH$

Ir trīs aminofenola izomēri:

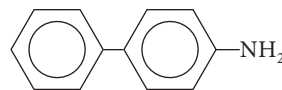
- m-izomēru izmanto maz;
- o-izomēru izmanto ierobežoti;
- p-izomēram ir šādas īpašības

Molekulmasa	109
$t_{kušanas}$	186 °C
$t_{viršanas}$	284 °C (sadalās)

Baltas plāksnītes, vāji šķīst ūdenī, etanolā un dietilēterī.

Visi trīs izomēri ir kristāliskas, maz gaistošas vielas. Tie neiesūcas caur ādu. O- un p-aminofenoli uz ādu iedarbojas sensibilizējoši un izraisa kontakta dermatītu, tas ir galvenais apdraudējums. P-aminofenols ir galvenais anilīna metabolīts un tiek izvadīts no organisma ar urīnu.

4-aminobifenils ( $C_6H_5C_6H_4NH_2$ )	
Molekulmasa	169
Blīvums	1,16
$t_{kušanas}$	53,6 °C
$t_{viršanas}$	302 °C
$t_{pašuzliesmošanas}$	450 °C



Šis savienojums bija pirmais, kam konstatēja kancerogēnu iedarbību (urīnpūšļa vēzi) uz strādājošiem, kad šī viela tika izmantota kā gumijas antioksidants.

<b>Benzidīns (<math>H_2NC_6H_4C_6H_4NH_2</math>)</b>	
Molekulmasa	184,2
Blīvums	1,25
$t_{kušanas}$	128 °C
$t_{viršanas}$	400 °C



Balti vai iesarkani kristāli, pulveris vai plāksnītes. Izmanto galvenokārt azokrās-  
vielu ražošanā. Benzidīns ir ļoti bīstams kancerogēns, tas izraisa urīnceļu vēzi. Or-  
ganismā nonāk caur ādu, tvaiki un smalkas pulvera daļiņas – caur elpošanas ceļiem.

<b>3,3'-dihlorbenzidīns (<math>C_{12}H_{10}Cl_2N_2</math>)</b>	
Molekulmasa	253
$t_{kušanas}$	133 °C

Kristālisks pulveris, nešķīst ūdenī, šķīst etanolā un benzolā. Kancerogēns, orga-  
nismā nokļūst caur ādu.

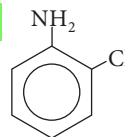
<b>4,4'-dianizidīns (<math>H_2NC_6H_3OCH_3</math>)</b>	
Molekulmasa	244
Blīvums	8,5
$t_{kušanas}$	137 °C
$t_{uzliesmošanas}$	206 °C

Kristāliska viela no baltas līdz violetā krāsā, nešķīst ūdenī, etanolā un benzolā. Šīs  
vielas kancerogenitāte vēl nav pilnībā pierādīta. Taču potenciālā bīstamība ir iemesls,  
lai ievērotu visus piesardzības pasākumus.

### Hloranilīni $H_2NC_6H_4Cl$

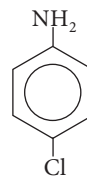
No trim izomēriem (o-, p-, m-) tikai o- un p- izomēriem ir nozīme krāsvielu, me-  
dikamentu un pesticīdu ražošanā. Abi izomēri nokļūst organismā caur ādu.

<b>o-hloranilīns</b>	
Molekulmasa	127,5
Blīvums	1,21
$t_{kušanas}$	-14 °C
$t_{viršanas}$	208,8 °C



Šķidrums.

<b>p-hloranilīns</b>	
Molekulmasa	127,5
Blīvums	1,43
$t_{\text{kušanas}}$	70 °C
$t_{\text{viršanas}}$	230 °C



Dzeltena kristāliska viela.

o- un p- hloramīni izraisa methemoglobīna veidošanos.

Kairina acu gļotādu. Kancerogēnas īpašības nav novērotas.

<b>4,4'-diaminodifenilmetāns (<math>\text{CH}_2(\text{C}_6\text{H}_4-\text{NH}_2)_2</math>)</b>	
Molekulmasa	198,3
$t_{\text{kušanas}}$	92–93 °C
$t_{\text{viršanas}}$	226 °C

Dzeltenīgi kristāli ar vāju, amīniem līdzīgu smaku.

Izmanto izocianātu, poliizocianātu un poliuretānu iegūšanā. Strādājošie var saslimt ar toksisko hepatītu un alerģisko dermatītu, šī viela organismā nonāk caur ādu. Tā ir kancerogēna, tādēļ jāievēro stingri piesardzības pasākumi.

<b>N,N-dietilanilīns (<math>\text{C}_6\text{H}_5\text{N}(\text{C}_2\text{H}_5)_2</math>)</b>	
Molekulmasa	149
Blīvums	0,93
$t_{\text{kušanas}}$	–38,8 °C
$t_{\text{viršanas}}$	216,3 °C
$t_{\text{uzliesmošanas}}$	35 °C
$t_{\text{pašuzliesmošanas}}$	630 °C

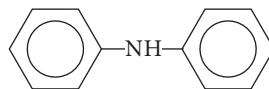
Eļļains šķidrums.

<b>N,N-dimetilanilīns (<math>\text{C}_6\text{H}_5\text{N}(\text{CH}_3)_2</math>)</b>	
Molekulmasa	121
Blīvums	0,96
$t_{\text{kušanas}}$	2,4 °C
$t_{\text{viršanas}}$	194,1 °C

Brūns šķidrums ar raksturīgu, amīniem līdzīgu smaku.

Abas vielas izmanto krāsvielu sintēzē un kā starpproduktus. Tās viegli nokļūst organismā caur ādu, saindēšanās var notikt arī ieelpojot tvaikus; šīs vielas var izraisīt methemoglobīna veidošanos.

<b>Difenilamīns ((C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>N)</b>	
Molekulmasa	169
Blīvums	1,16
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	52,8 °C
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	302 °C
<i>t</i> <sub>uzliesmošanas</sub>	153 °C
<i>t</i> <sub>pašuzliesmošanas</sub>	634 °C

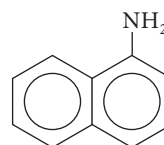


Vāji iekrāsota kristāliska viela ar ziedu aromātu.

Izmanto galvenokārt krāsvielu, kā arī antioksidantu, medikamentu, sprāgstvielu un pesticīdu ražošanā. Parasti difenilamīns nav īpaši bīstams, taču tā veidošanās procesā kā piemaisījums var rasties 4-aminodifenils, kas ir kancerogēns. Tas var uzkrāties darvā, kas rodas pārtvaices procesā. Ir izstrādātas iegūšanas metodes ar samazinātu piemaisījumu rašanos.

### Naftilamīni C<sub>10</sub>H<sub>7</sub>NH<sub>2</sub>

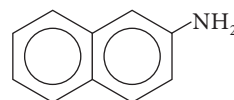
<b>1-naftilamīns</b>	
Molekulmasa	143
Blīvums	1,12
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	50 °C
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	300,8 °C
<i>t</i> <sub>uzliesmošanas</sub>	157,2 °C



Gaiša kristāliska viela ar pērtiķiem raksturīgu nepatīkamu smaku.

Šo vielu izmanto krāsvielu, naftēnskābes, naftola, naftilurīnvielas ražošanā. 1-naftilamīns nonāk organismā caur ādu un elpošanas ceļiem, izraisot urīnorgānu sistēmas audzējus, tas galvenokārt ir saistīts ar 2-naftilamīna klātbūtni.

<b>2-naftilamīns</b>	
Molekulmasa	143
Blīvums	1,06
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	113 °C
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	306,1 °C




Rozā kristāli.

Šī viela tika plaši izmantota kā starpprodukts krāsvielu un antioksidantu ražošanā. Tagad tās ražošana ir pārtraukta augstās kancerogenitātes dēļ.

**Nitroanilīni  $O_2NC_6H_4NH_2$** 

Starp trīs anilīna mononitro atvasinājumiem svarīgākais ir p-nitroanilīns. Visi trīs atvasinājumi ir starpprodukti krāsvielu ražošanā, taču o- un m- izomēri tiek lietoti maz.

<b>4-nitroanilīns</b>		
Molekulmasa	138	
Blīvums	1,43	
$t_{kušanas}$	147,8 °C	
$t_{viršanas}$	331,7 °C	
$t_{uzliesmošanas}$	199 °C	

Spilgti dzeltena cieta viela.

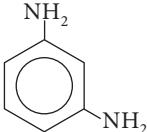
p-nitroanilīns viegli nonāk organismā caur ādu un ieelpojot tvaikus vai putekļus. Šī viela stimulē methemoglobīna veidošanos, izraisa asiņošanu un dermatītu.

<b>4-nitrozo-N,N-dimetilanilīns (<math>ONC_6H_4N(CH_3)_2</math>)</b>	
Molekulmasa	150
Blīvums	1,14
$t_{kušanas}$	92,5 °C


Zaļgani dzeltena cieta viela. Izmanto krāsvielu sintēzē. Izraisa ādas jutību un dermatītu. Cietušajiem, atkārtoti kontaktējoties, lielākoties parādās smagas formas dermatīta recidīvi. Strādājošie jānoriko citā darbā, kur nav kontakta ar šo vielu.

**Fenilēndiamīni  $C_6H_4(NH_2)_2$** 

Pastāv dažādu formu izomēri, taču praktiska nozīme ir tikai m- un p- izomēriem.

<b>m-fenilēndiamīns</b>		
Molekulmasa	108	
Blīvums	1,14	
$t_{kušanas}$	64 °C	
$t_{viršanas}$	282 °C	

Blāvi kristāli.

<b>p-fenilēndiamīns</b>		
Molekulmasa	138	
$t_{kušanas}$	146 °C	
$t_{viršanas}$	267 °C	
$t_{uzliesmošanas}$	155,5 °C	

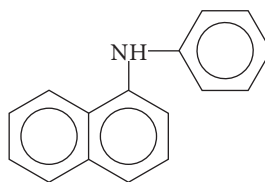
Bāli iekrāsoti kristāli.

m-fenilēndiamīnu izmanto krāsvielu, sintētisko sveķu cietinātāju ražošanā un kā starpproduktu matu un kažokādu krāsu ieguvē. Labi zināma tā spēja sensibilizēt ādu un elpošanas ceļus. Regulāri kontaktējoties ar šo vielu, rodas dermatīts. Kažokādu rūpniecībā to sauc par “kažokādu dermatītu”. Raksturīga sasilšana krāsvielu ražošanā nodarbinātajiem ir astma. m-izomērs izraisa ādas sensibilizāciju ievērojami mazāk nekā p-izomērs. Šis rindas savienojumi nav kancerogēni, taču hloraizvietotie ir kancerogēni.

### n-fenilnaftilamīni $C_{10}H_7NH_6H_5$

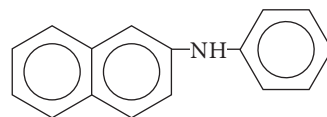
Fenilnaftilamīni eksistē divās formās.

n-fenil-1-naftilamīns	
Molekulmasa	219
$t_{kušanas}$	62 °C
$t_{viršanas}$	335 °C



Bezkrāsas kristāli.

n-fenil-2-naftilamīns	
Molekulmasa	219
Blīvums	1,2
$t_{kušanas}$	108 °C
$t_{viršanas}$	395 °C

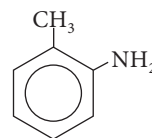


Pelēks kristālisks pulveris. Abas šīs vielas galvenokārt tiek izmantotas kā gumijas antioksidanti. Izraisa dermatītu kā ādas sensibilizācijas rezultātu. Kancerogenitāte nav pietiekami pētīta, taču jāievēro piesardzības pasākumi.

### Toluidīni $CH_3C_6H_4NH_2$

Ir trīs toluidīna izomēri, praktiska nozīme ir o- un p- izomēriem.

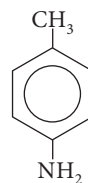
o-toluidīns	
Molekulmasa	107
Blīvums	0,99
$t_{kušanas}$	-23,7 °C
$t_{viršanas}$	199,7 °C
$t_{uzliesmošanas}$	85 °C
$t_{pašuzliesmošanas}$	482 °C



Blāvi iekrāsots šķidrums.



p-toluidīns	
Molekulmasa	107
Blīvums	0,86
$t_{\text{kušanas}}$	43,7 °C
$t_{\text{viršanas}}$	200,5 °C
$t_{\text{uzliesmošanas}}$	86,6 °C
$t_{\text{pašuzliesmošanas}}$	482 °C

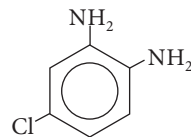


Blāva cieta viela. o- un p- toluidīnu plaši izmanto organiskajā sintēzē. Izraisa methemoglobulīna veidošanos. Akūtas saindēšanās gadījumā urīnā novēro nedaudz asiņu. o-toluidīns ir potenciāls kancerogēns.

### Hlortoluidīni $\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_3\text{NH}_2\text{Cl}$

Svarīgākais izomērs ir 4-hlortoluidīns.

4-hlortoluidīns	
Molekulmasa	141,5
$t_{\text{kušanas}}$	30 °C
$t_{\text{viršanas}}$	241 °C



Pelēki balta cieta viela, izmanto organiskajā sintēzē. Organismā viegli iekļūst caur ādu un elpošanas ceļiem, izraisot methemoglobulīna veidošanos. Visbīstamākais, ka šī viela kairina urīnceļus, pat līdz to asiņošanai. Nav kancerogēns.

### Toluoldiamīni $\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_3(\text{NH}_2)_2$

No sešiem izomēriem visvairāk sastopams 2,4-izomērs, kas, sintezējot polidiizocianātus, veido ap 80 % starpprodukta, 20 % ir 2,6-izomērs, galvenā poliuretānu izejviela. Vielas ir kancerogēnas.

### Ksilidīns $(\text{CH}_3)_2\text{C}_6\text{H}_3\text{NH}_2$

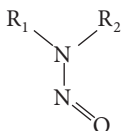
Ksilidīnu izmanto maz. Tas ir toksisks, bojā aknas, mazāk asinis.

## 9.6. N-nitrozosavienojumi

N-nitrozosavienojumus iedala divās grupās:

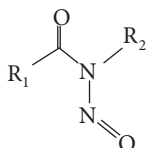
- nitrozamīni;
- nitrozamīdi.

Nitrozamīnu kopējā formula ir



kur  $R_1$  un  $R_2$  ir alkilgrupa vai arilgrupa, piemēram, N-nitrozodimetilamīns un N-nitrozodifenilamīns. Tie var būt arī arilalkilatvasinājumi, piemēram, N-nitrozometilamīns. Ir arī heterocikliskie N-nitrozamīni, piemēram, N-nitrozomorfīns.

Nitrozamīdu kopējā formula ir



kur x var būt dažāda uzbūve.

N-nitrozosavienojumi sadalās ultravioletā starojuma ietekmē. Nitrozamīni ir stabili pie neitrāla pH, daži nitrozamīdi šādos apstākļos nav stabili. Apstrādājot ar skābi, nitrozamīni veido toksiskus un kairinošus diazoalkānus.

**Izmantošana.** Dimetilnitrozamīnu lieto kā starpproduktu ražojot 1,1-dimetilhidrazīnu, ko izmanto kā raķešu degvielu. Ir patentēta nitrozamīnu izmantošana elektrotehnikā, gumijas, krāsvielu, ziežu, sprāgstvielu, insekticīdu, fungicīdu ražošanā un ķīmiskajā sintēzē. Nitrozamīdus izmanto diazometāna ražošanā.

**Bīstamība.** Lielākā daļa N-nitrozosavienojumu ir citotoksiski, kancerogēni un mutagēni, bet daži – teratogēni. Šajā grupā ietilpst daži no visspēcīgākajiem kancerogēniem. Nitrozamīni ir bīstami ne tikai izmantojot tos rūpnieciski, šie savienojumi var uzkrāties arī pārtikas produktos, kā arī veidoties cilvēka organismā, amīniem reaģējot ar nitrātiem. Konstatēts, ka kancerogēnie nitrozamīni veidojas dzīvnieku kuņģī, ja tie baroti ar barību, kas satur otrējos un trešējos amīnus un nitrītus; var veidoties dažādu orgānu audzēji. Tas norāda, cik bīstami cilvēkiem lietot pārtiku, kas satur nitrītus. Nitrītus lieto kā piedevu pārtikas produktiem un tie arī var rasties no nitrātiem kuņģī – zarnu trakta mikroorganismu darbības rezultātā.

**Drošības pasākumi.** Visi darbi ar nitrozosavienojumiem, īpaši ar gaistošiem nitrozamīniem, jāveic tikai telpās ar labu ventilāciju; jālieto aizsargcimdi. Dietilamīns, trietanolamīns un nitrīts, kurus pievieno kā inhibitorus dzesējošiem šķidrumiem, var veidot nitrozamīnus, tāpēc rekomendē aizliegt nitrītus izmantot dzesējošos šķidrumos.

Ar polimēriem un elastomēriem, kuri satur dialkilamīnosavienojumus, kas sildot

izdala dialkīlnitrozamīnus, strādājošiem jābūt informētiem par iespējamo bīstamību. Arī strādājot ar pesticīdiem, kas satur otrējos un trešējos alkilamīnus, jāstrādā ļoti uzmanīgi, jo pesticīdi kā piemaisījumus var saturēt nitrozamīnus.

### Alifātiskie nitrosavienojumi

Nitrosavienojumi satur grupu C–NO<sub>2</sub>, tiem pieskaitāmi mononitroparafīni, polinitroparafīni, nitroolefīni, alkīlnitrīti un alkīlnitrāti.

Mononitroparafīnu īpašības apkopotas 14. tabulā, tos iegūst tieši nitrējot atbilstošus parafīnus. Šos savienojumus izmanto galvenokārt kā celulozes esteru šķīdinātājus, kā arī citu sveķu, eļļu, tauku, vaska un krāsvielu šķīdinātājus.

### Nitrometāns CH<sub>3</sub>NO<sub>2</sub>

Eļļains šķidrums, ļoti labi šķīst etanolā, dietilēterī, bet mazāk ūdenī.

Parastos apstākļos nitrometāns ir diezgan stabils, bet, sildot vai saņemot triecienus, tas var eksplodēt. Lai novērstu lielus postījumus, uzsprāgstot lielam apjomam (cisternām) nitrometāna, to iesaka transportēt safasētu mazās tilpnēs – dzelzs traukos.

Ieelpojot nitrometāna tvaikus, vājš kairinājums parādās vēl ilgi pirms narkotiskās iedarbības; atkārtoti ieelpojot var tikt bojātas aknas. Strādājot ar nitrometānu jābūt labai ventilācijai un jālieto individuālie aizsardzības līdzekļi.

### Nitroetāns CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>NO<sub>2</sub>

Eļļains šķidrums ar patīkamu aromātu, ļoti labi šķīst etanolā, dietilēterī, vāji šķīst ūdenī.

Nitroetāns mazāk sprādzienbīstams nekā nitrometāns, taču hermetizējot un nokļūstot tajā netīrumiem, nitroetāns var eksplodēt. Mēreni kairina augšējos elpošanas ceļus. Strādājot jābūt labai ventilācijai un jāievēro drošības tehnikas noteikumi.

14. tabula

## Mononitroparafīnu īpašības

Vielā	Molekulmasa	Blīvums	$t_{kušr}$ °C	$t_{viršr}$ °C	$t_{uzliesmošr}$ °C	Eksplozijas robeža, %	$t_{pašuzliesmošr}$ °C
Nitrometāns CH <sub>3</sub> NO <sub>2</sub>	61	1,14	-28,5	100,8	35	7,3	418
Nitroetāns CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> NO <sub>2</sub>	75	1,04	-90	115	27,8	3,1	414
1-nitropropāns CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> NO <sub>2</sub>	89	1,02	-108	131	48,9	2,2	420
2-nitropropāns CH <sub>3</sub> CH(NO <sub>2</sub> )CH <sub>3</sub>	89	1,02	-93	120	39,4	2,6	428
1-nitrobutāns CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> NO <sub>2</sub>	103			153			
2-nitrobutāns CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH(NO <sub>2</sub> )CH <sub>3</sub>	103	0,99	-132	139			

## Polinitroparafīni

Nitroparafīnus izmanto par kurināmo un kā kurināmā piedevas. Dažu polinitroparafīnu īpašības apkopotas 15. tabulā.

15. tabula

## Polinitroparafīnu īpašības

Vielā	Molekulmasa	Blīvums	$t_{kušr}$ °C	$t_{viršr}$ °C
Trinitrometāns CH(NO <sub>2</sub> ) <sub>3</sub>	151	1,6	13	126
Tetranitrometāns C(NO <sub>2</sub> ) <sub>4</sub>	196	1,48	15	Sprāgst

## Nitroolefīni

Zemākie nitroolefīni, tādi kā nitroetīns (CH<sub>2</sub>=CHNO<sub>2</sub>), 1-nitropropēns CH<sub>3</sub>CH=CHNO<sub>2</sub> un 2-nitropropēns CH<sub>3</sub>C(NO<sub>2</sub>)=CH<sub>2</sub> ir bezkrāsas šķidrumi gaiši dzeltenā krāsā; nitropentāns un augstākie homologi – cietas vielas. Nitroolefīni praksē netiek plaši lietoti.

## Alkilnitrīti un alkilnitrāti

16. tabula

Alkilnitrātu un alkilnitrītu īpašības

Vielā	Molekul- masa	Blīvums	$t_{\text{virīz}}$ °C	$t_{\text{uzliesmoz}}$ °C	Eksplozijas robeža, %	$t_{\text{pasuzliesmoz}}$ °C
Metilnitrīts CH <sub>3</sub> ONO	61	0,99	-12			
Etilnitrīts C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ONO	75	0,90	16,4	-35	4,1 līdz 5,0	90
Izoamilnitrīts (izoams) (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> ONO	117	0,87	96			209
Metilnitrāts CH <sub>3</sub> NO <sub>3</sub>	77	1,2	65			
Etilnitrāts C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>3</sub>	91	1,1	+87	+10	4	
n-propilnitrāts C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> NO <sub>3</sub>	105	1,1	110,5		2 līdz 100	177

Alkilnitrītus izmanto organiskajā sintēzē un kā medicīnas preparātus (asinsvadu paplašinātāji).

**Metilnitrāts CH<sub>3</sub>NO<sub>3</sub>**

Gaistošs šķidrums, šķīst etanolā un dietilēteri, vāji šķīst ūdenī. Sildot sprādzienbīstams. Metilnitrāts mazāk kaitīgs veselībai nekā nitroglicerīns. Uzglabājot metilnitrātu jāievēro visi piesardzības pasākumi, kas noteikti darbā ar nestabilām, sprādzienbīstamām vielām.

**Etilnitrāts CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>ONO<sub>2</sub>**

Bezkrāsas šķidrums ar patīkamu aromātu, ļoti labi šķīst etanolā, dietilēteri, vāji šķīst ūdenī. Ieelpojot etilnitrāta tvaikus, rodas galvassāpes, citi nopietni veselības traucējumu nav novēroti. Etilnitrāts ir viegli uzliesmojošs, gaisā istabas temperatūrā tā tvaiki veido sprādzienbīstamu maisījumu. Sildot sadalās ar sprādzienu. Jāseko, lai nenotiktu iztecēšana no uzglabāšanas traukiem. Jābūt labai ventilācijai.

**Bīstamība.** Iekļūstot organismā jebkādā veidā (norijot, caur ādu, ieelpojot) alifātiskie nitrosavienojumi ir bīstami.

Nitroparafīni nomāc centrālo nervu sistēmu, bojā aknas un nieres. Polinitroparafīni ir toksiskāki par mononitroparafīniem. Tetranitrometāns kairina augšējos elpošanas ceļus, izraisa aizdusu, reiboņus, bet atkārtota iedarbība izraisa mazasinību un sirds ritma palēnināšanos.

Nitroolefīni ir stipras toksiskas vielas, šķidrums vai tvaiki (0,29 mg/m<sup>3</sup>) izraisa vietēju kairinājumu un ļoti strauji uzsūcas organismā jebkurā ceļā (ieelpojot, norijot

un caur ādu). Toksiskais efekts parādās tūlīt pēc iedarbības – parādās uzbudinājums, krampji, tahikardija, paātrināta elpošana un smakšana, tiek bojātas plaušas.

Alkilnitrīti tiek uzskatīti par toksiskiem tādēļ, ka var izraisīt methemoglobīna parādīšanos asinīs, jo asinīs veidojas nitrītjoni, kas ir spēcīgi oksidētāji.

Sildot alkilnitrīti sadalās, izdalot slāpekļa oksīdus, kas ir stipras indes. Liela alkilnitrītu koncentrācija dod narkotisku efektu.

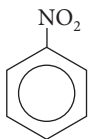
Alkilnitrīti ir stipri toksiski; lielās devās izraisa reiboņus, vēdera spazmas, sliktu dūšu; asiņainu caureju, vājumu, krampjus un pat nāvi. Nelielas atkārtotas devas rada vājumu, vispārēju depresiju, galvassāpes un prāta aptumsumu.

Augstā temperatūrā, saskaroties ar liesmu vai pēc trieciena, šīs vielas ir ugunsnepras un sprādzienbīstamas. Iespējamas arī spontānas eksotermiskas reakcijas.

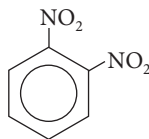
**Drošības pasākumi.** Aparatūrai jābūt hermētiskai. Strādājošie jāapgādā ar individuālajiem aizsardzības līdzekļiem, īpaši jāaizsargā elpošanas ceļi. Jānovērš ugunsgrēku un sprādzienu iespējamība. Strādājošie regulāri jāpārbauda mediķiem.

### Aromātiskie nitrosavienojumi

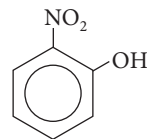
Aromātiskie nitrosavienojumi – grupa ķīmisko savienojumu, kas veidojas no benzola vai tā hologēniem (toluola, ksilola u. c.), naftalīna un antracīta, aizvietojojot vienu vai vairākus ūdeņraža atomus ar nitrogrupu  $\text{NO}_2$ .



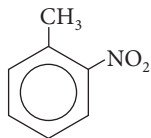
Nitrobenzols  
 $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$



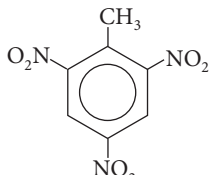
O-dinitrobenzols  
 $\text{C}_6\text{H}_4(\text{NO}_2)_2$



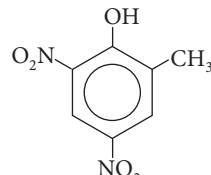
O-nitrobenzols  
 $\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})\text{NO}_2$



o-nitrotoluols  
 $\text{C}_7\text{H}_7\text{NO}_2$



Trinitrotoluols



Dinitrokrezols

Svarīgākie nitrosavienojumi ir mono-, di- un trinitrotoluols, nitronaftalīns, di-nitrofenols, trinitrofenols (pikrīnskābe) un dinitrokrezols.

## Aromātiskie nitrosavienojumi

Vielā	Molekulmasa	Blīvums	$t_{\text{kušr}}^{\circ}\text{C}$	$t_{\text{virsr}}^{\circ}\text{C}$	$t_{\text{uzliesmošr}}^{\circ}\text{C}$	$t_{\text{pasuzliesmošr}}^{\circ}\text{C}$
Nitrobenzols $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$	123	1,2	5,6	211	88	482
o-nitrotoluols $\text{C}_7\text{H}_7\text{NO}_2$	137	1,16	-2,9	220,4	97	
m-nitrotoluols	137	1,16	15	232		
o-nitrotoluols	137	1,3	51,7	238,3	106	
m-dinitrobenzols $\text{C}_6\text{H}_4(\text{NO}_2)_2$	168		90	302,8	150	
2,4-dinitrotoluols $\text{C}_7\text{H}_6(\text{NO}_2)_2$	182	1,32	56	250		280
o-nitroanilīns $\text{C}_6\text{H}_6(\text{NO}_2)_2$	138	1,44	71,5	284 305		
m-nitroanilīns	138	1,17	114	305		
p-nitroanilīns	138	1,42	149	331	199	
1-nitronaftalīns $\text{C}_{10}\text{H}_7\text{NO}_2$	173	1,33	58,5	304	164	

Aromātiskos nitrosavienojumus izmanto kā šķīdinātāju un sprāgstvielu sastāvdaļu, citās nozarēs tos izmanto maz. Anilīna atvasinājumus izmanto pigmentu, krāsvielu, insekticīdu, siltumizturīgu tekstilšķiedru, poliuretānu, plastmasu, sveķu, medikamentu, augu augšanas regulatoru, kurināmā piedevu, antioksidantu un gumijas vulkanizācijas paātrinātāju ražošanai.

Aromātiskie nitrosavienojumi ir ugunsbīstami, di- un trinitroatvasinājumi sildot un no trieciena eksplodē. Aromātiskos nitrosavienojumus, izņemot nitrobenzolu, nedrīkst sildīt sārmainā vidē. Dinitrosavienojumi šādos apstākļos var veidot triecienjutīgus sāļus; sildot kālija karbonātu o-nitrotoluolā notiek uzliesmošana. Uzglabājot un transportējot aromātiskie nitrosavienojumi nedrīkst nonākt kontaktā ar stipriem reducētājiem un oksidētājiem.

Aromātiskie nitrosavienojumi ļoti bīstami veselībai, jo izraisa mazasinību un cianozi. Tautos šķīstošie nitrosavienojumi ļoti ātri uzsūcas organismā caur veselu ādu un organismā reducējas līdz cianogēnajiem nitro- un hidroksilaminoatvasinājumiem, kuri savukārt pārvēršas aminofenolos (tie tiek izvadīti ar urīnu). Nelielu devu ilgstoša iedarbība izraisa mazasinību. Cianogēnās īpašības ir atkarīgas no benzola gredzenā esošo aizvietotāju dabas un izvietojuma. 18. tabulā šie efekti izvietoti pieaugošā secībā.

Svarīgāko savienojumu bīstamības pakāpes salīdzinājums  
no 1 (maza) līdz 6 (liela bīstamība)

Viela	Bīstamība		
	Cianoze	Anēmija	Kopējais toksiskums
Nitrobenzols	3	1	2
o-nitrotoluols	5	3	5
p-nitrotoluols	5	3	5
o-nitrohlorbenzols	4	2	3
p-nitrohlorbenzols	4	2	3
m-dinitrobenzols	1	4	1
dinitrotoluols	5	6	5
m-nitroanilīns	2	5	4
p-nitroanilīns	2	5	4
1-nitronaftalīns	6	6	6
Nitrohlortoluols	6	5	6

Nitrohlorbenzols stipri kairina ādu, izraisot alerģisko dermatītu pat pēc vienreizēja kontakta. Pie cianozes āda kļūst zilgana vai pelnu pelēka, jūtama skābekļa nepiesātināmība – galvassāpes, nogurums, sāpes krūtīs un vēdera dobumā, balss zudums, sirdsklauves, gaisa trūkums un nesaprātīga uzvedība.

**Drošības pasākumi.** Ar aromātiskajiem nitrosavienojumiem strādājošie pastāvīgi jākontrolē mediķiem. Tehnoloģiskās operācijas drīkst veikt tikai slēgtās sistēmās, labi vēdināmās telpās. Jāaizsargā elpošanas ceļi, periodiski jāmaina darba veids, līdz minimumam jāierobežo varbūtēja vielas iedarbība ilguma ziņā, jālieto specapgērbs, kas pilnībā nosedz ķermeni. Elpošanas ceļu aizsardzībai ir mazāka nozīme. Jo galvenās problēmas rada vielas iekļūšana organismā caur veselu ādu. Pilnīgu ķermeņa aizsardzību nodrošina tā sauktais “skābes kombinezons”, kas izgatavots no poliizobutilēna. Medicīniskajai uzraudzībai jābūt šādai: strādājošo pirmējā apskate, pēc tam periodiskas apskates ar ierakstiem medicīnas kartē, lai noteiktu izmaiņu dinamiku – asinsspiediena, pulsa, svara, asins un urīna analīžu izmaiņas, aknu un nieru funkciju izmaiņas.

Visi esošie nitrosavienojumu iedarbības gadījumi jāuzņem medicīniskajā uzskaitē.

## 9.7. Nitrīdi un cianīdi

Nitrīdi – organiskie cianīdi, kas satur cianogrupu  $C\equiv N$ , ar kopējo formulu RCN. Nitridus var uzskatīt vai nu kā ogļūdeņraža atvasinājumu, vai arī kā karbonskābes RCOOH atvasinājumu. Piesātinātie alifātiskie nitrīdi līdz  $C_{14}$  ir šķīdumi ar patika-



mu esteru aromātu. Nitrīdi ar  $C_{14}$  un lielāku oglekļa atomu skaitu – bezkrāsas cietas vielas bez smakas.

Nitrīdi ir ļoti reakcijas spējīgi un tos plaši izmanto organiskajā sintēzē, iegūstot dažādas taukskābes, medicīnas preparātus, vitamīnus, sintētiskos sveķus, plastmasas un krāsvielas. Plašāk lietotie ir acetonitrils, etilēnciānhidrīns, etilcianīds, laktōnitrils, glikolskābes nitrils, 2-metillaktōnitrils, adiponitrils, trihlortriazīns un akrilōnitrils.

Acetonitrils ( $CH_3CN$ )	
Molekulmasa	41
Blīvums	0,77
$t_{kušanas}$	-41 °C
$t_{viršanas}$	82 °C
$t_{uzliesmošanas}$	5,6 °C
Eksplōzijas robeža	4,4–16 %
$t_{pašaiždegšanās}$	524 °C

Bezkrāsas šķidrums ar esteru smaku, ļoti labi šķīst ūdenī, etanolā, acetonā un dietilēterī.

To izmanto organiskajā sintēzē, kā šķīdinātāju, eļļas un tauku ekstrahentu.

Lielā koncentrācijā acetonitrils rada smagu saindēšanos un pat izraisa nāvi. Viela ir toksiska ieelpojot, norijot un uzsūcoties caur veselu ādu. Strādājot jāaizsargā elpošanas orgāni un āda. Acetonitrils ir bīstams kontaktējoties ar atklātu liesmu un sildot, jo izdalās ļoti toksiski dūmi, kas satur cianīdus. Ar ūdeni un skābēm acetonitrils reaģē, izdalot toksiskus un uzliesmojošus tvaikus.

Etilēnciānhidrīns ( $HOCH_2CH_2CN$ )	
Molekulmasa	71
Blīvums	1,04
$t_{kušanas}$	-46 °C
$t_{viršanas}$	227 °C (sadalās)
$t_{uzliesmošanas}$	129,4 °C
Eksplōzijas robeža	
$t_{pašaiždegšanās}$	505 °C

Bezkrāsas caurspīdīgs šķidrums, ar raksturīgu smaku, ļoti labi šķīst ūdenī, acetonā, metilētilketonā, etanolā un hloroformā.

Viena no galvenajām lietošanas formām – akrilōnitrila sintēze. Hidroakrilōnitrils ir mēreni toksiska viela, nonākot kontaktā ar veselu ādu vai norijot, maz bīstams ieelpojot, šķidrā veidā var izraisīt acu iekaisumu. Strādājot ar šo vielu, jālieto individuālie aizsardzības līdzekļi. Slēgtās telpās jālieto respiratori ar gaisa padevi.

<b>Etilcianīds (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>CN)</b>	
Molekulmasa	55
Blīvums	0,78
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	-103,5 °C
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	97,1 °C
<i>t</i> <sub>uzliesmošanas</sub>	2,2 °C
Eksplozijas robeža	3,1 % (zemākā)

Bezkrāsas šķidrums ar esteru smaku, šķīst etanolā, ūdenī, dietilēterī.

Izmanto organiskajā sintēzē.

Etilcianīds ir stipri toksiska viela, strādājot ar to jābūt ļoti piesardzīgiem, jālieto individuālie aizsardzības līdzekļi. Sildot etilcianīdu līdz sadalīšanās temperatūrai, izdalās ļoti toksiski dūmi, kas satur cianīdus.

<b>Laktonitrils (CH<sub>3</sub>CN(OH)CN)</b>	
Molekulmasa	71
Blīvums	0,99
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	-40 °C
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	182 °C (vāja sadalīšanās)
<i>t</i> <sub>uzliesmošanas</sub>	77 °C

Laktonitrils ir ļoti toksiska viela, nokļūstot organismā caur ādu un nokļūstot acīs. Viela ir mēreni ugunsdroša, sildot līdz sadalīšanās temperatūrai, veidojas ļoti bīstami dūmi. Nonākot kontaktā ar sārmu no laktonitrila atšķēlas stipra skābe.

<b>Glikolskābes nitrils (HOCH<sub>2</sub>CN)</b>	
Molekulmasa	57
Blīvums	1,1
<i>t</i> <sub>kušanas</sub>	necietē -72 °C
<i>t</i> <sub>viršanas</sub>	183 °C (sadalās)

Bezkrāsas caurspīdīgs, eļļains šķidrums bez smakas, labi šķīst ūdenī, etanolā un dietilēterī.

Izmanto ražojot ārstniecības līdzekļus un kā mākslīgo sveķu komponentu.

Glikolskābes nitrils ir ļoti toksisks. Nokļūstot uz ādas, tā iedarbība nav uzreiz jūtama, taču nokļūstot organismā caur ādu (ja to nenomazgā), var notikt intoksikācija ar letālu iznākumu.

**2-metilaktonitrils ((CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>C(OH)CN)**

Molekulmasa	85
Blīvums	0,93
$t_{kušanas}$	-20 °C
$t_{viršanas}$	82 °C; 120 °C (sadalās)
$t_{uzliesmošanas}$	73,9 °C
$t_{pašaiždegšanās}$	687,7 °C

Bezkrāsas šķidrums, ļoti labi šķīst ūdenī, etanolā un dietilēterī. Ļoti toksisks, strādājot ar šo vielu jāievēro vislielākā piesardzība.

**Adiponitrils (NC(CH<sub>2</sub>)<sub>4</sub>CN)**

Molekulmasa	108
Blīvums	0,96
$t_{kušanas}$	2,3 °C
$t_{viršanas}$	295 °C
$t_{uzliesmošanas}$	92,8 °C

Bezkrāsas šķidrums bez smakas, slikti šķīst ūdenī, labi šķīst etanolā.

Izmanto neilona ražošanā. Šī savienojuma iedarbība uz cilvēka organismu ir ļoti bīstama; sildot līdz sadalīšanās temperatūrai izdalās tvaiki, kas satur zilskābi.

**Trihlortriazīns (C<sub>3</sub>Cl<sub>3</sub>N<sub>3</sub>)**

Molekulmasa	184,5
Blīvums	1,32
$t_{kušanas}$	146 °C
$t_{viršanas}$	190 °C

Šķīst hloroformā, tetrahlorogleklī, etanolā, ketonos, vāji šķīst ūdenī.

Izmanto krāsvielu, insekticīdu, ārstniecības preparātu sintēzē.

Mēreni toksiska viela, jāraugās, lai tā nenokļūtu uz ādas, lai putekļi nenokļūtu acīs. Sevišķi jāsaņem seja, lai jebkuras formas trihlortriazīns nenokļūtu uz ādas, acīs, plaušās.

Akrilonitrils (CH <sub>2</sub> =CHCN)	
Molekulmasa	53
Blīvums	0,80
$t_{kušanas}$	-83,5 °C
$t_{viršanas}$	77,5 °C
$t_{uzliesmošanas}$	-5 °C
Eksplozijas robeža	3 % līdz 17 %
$t_{pašaiždegšanās}$	481 °C

Bezkrāsas viegls šķidrums ar vāju smaku.

Pētot akrilonitrila riska faktoros, jāņem vērā, ka tā piemaisījums (atlieka no izejvielas) cianūdeņradis var būt arī kā blakusprodukts.

Izmanto galvenokārt ražojot homo- un sopolimērus sintētiskajām šķiedrām, sveķus, plastmasas un nitrilkaučuku.

Akrilonitrils ir ļoti ugunsnedrošs. Pat istabas temperatūrā tā tvaiki ar gaisu var veidot uzliesmojošu maisījumu. Siltuma un gaismas ietekmē notiek akrilonitrila pašpolimerizācija, kas slēgtos konteineros var izraisīt sprādzienu. Bez ugunsbīstamības un sprādzienbīstamības izdalās nāvējoši tvaiki un gāzes (cianūdeņradis un amonjaks).

Akrilonitrils ir smacējoša, indīga viela, kuras iedarbība līdzīga cianūdeņraža iedarbībai. Tas kairina gļotādas, nonākot acīs bojā radzeni, tāpēc steidzīgi jāizmazgā acis. Visbiežāk akrilonitrils nokļūst organismā, ieelpojot tā tvaikus. Nonākot uz ādas kaitīgā iedarbība neizpaužas tik ātri. Akrilonitrils bojā ādas apavus un cimdus, pēc kāda laika nonāk uz cilvēka ādas un kairina to, pat radot tūlznas. Saindējoties ar akrilonitrilu, simptomi neparādās uzreiz, sākumā tie liekas tādi paši kā skābekļa nepietiekamības gadījumā (vājums, elpas trūkums, dedzināšana kaklā, garīgās darbības traucējumi, elpošanas traucējumi, krampji, kas izraisa nāvi). Obligāta ir ar akrilonitrilu strādājošo medicīniskā kontrole.

Ilgu laiku uzskatīja, ka visi nitrili ir toksiski savienojumi. Taču to toksiskums lielā mērā ir atkarīgs no molekulas uzbūves un līdz ar to ir gan salīdzinoši netoksiski, gan arī ļoti toksiski. Tā, piemēram, piesātināto taukskābju nitrili ir samērā maztoksiski.

Aminonitrili un ciānhidrīni ir tikpat toksiski kā zilskābe. Halogenizēti nitrili ir ļoti toksiski ar stipru kairinošu iedarbību; izraisa acu asarošanu. Tādi savienojumi kā akrilonitrils, propionskābes nitrils, fumārnitrils ir toksiski un izraisa smagu un sāpīgu dermatītu. Toksisko nitrilu iedarbība ātri izraisa nāvi nosmokot.

Tagad uzskata, ka no nitriliem cietušie vai nu nomirst, vai arī pilnībā atveseļojas bez kādām fizioloģiskām sekām. Darbā ar visiem nitriliem personālam jābūt apmācītam, apstākļi stingri jākontrolē. Nitrilu rindas savienojumu īpašības un datu trūkums par to patieso toksiskumu nosaka, ka, strādājot ar šīm vielām, jāievēro īpaši drošības pasākumi, kas aizsargā plaušas no nitrilu tvaikiem un nebojā ādu kontaktējoties ar nitriliem. Cietušais pēc iespējas ātrāk jānogādā ārstniecības iestādē.

## 10. UGUNSBĪSTAMĀS VIELAS

Ugunsbīstamas ir vielas ar paaugstinātu ugunsbīstamību, t. i., vielas, kas var izraisīt nekontrolējamu, lielus materiālus zaudējumus radošu, degšanu ārpus degšanas avota. Attiecību starp siltuma daudzumu, kas izdalās degot paraugam, un siltuma daudzumu, kas izdalās no aizdegšanās avota, sauc par uzliesmošanas rādītāju. Šis rādītājs ļauj atšķirt viegli uzliesmojošas vielas no vāji uzliesmojošām. Viegli uzliesmojošas vielas var ātri aizdegties gaisā un telpās bez iepriekšējas sildīšanas, tikai īslaicīgi kontaktējoties ar zemas enerģijas aizdegšanās avotu. Lai aizdegtos vāji uzliesmojošas vielas, tām jābūt ilgstošā saskarē ar augstas enerģijas aizdegšanās avotu. Uzliesmošanas rādītājs degošām vielām ir robežās 0,5 līdz 2,1, bet viegli uzliesmojošām vielām pārsniedz 2,1.

Degšanas grupa – vielas īpašība, kas raksturo vielas spēju patstāvīgi degt, tā ir atkarīga no sistēmas “viela–oksidējoša viela” stāvokļa parametriem (temperatūra, spiediens, tilpums), kā arī no vielas agregātstāvokļa, oksidējošās vides un sasmalcināšanas pakāpes.

Vielas ugunsbīstamības noteikšana katram agregātstāvoklim ir atšķirīga:

- gāzes – vielas, kuru tvaiku absolūtais spiediens 50 °C temperatūrā ir vienāds ar 0,3 Pa vai augstāks;
- šķidrums – vielas ar kušanas temperatūru (rasas produktu) ne lielāku par 50 °C;
- cietas vielas – vielas ar kušanas temperatūru virs 50 °C.

Galvenie ugunsbīstamo vielu parametri: uzliesmošanas temperatūra, aizdegšanās temperatūra, eksplozijas robeža, maksimāli drošā aizdegšanās minimālā enerģija, ugunsdzēšanas līdzekļu maksimālā ugunsdzēšanas koncentrācija, degšanas ātrums, sasilšanas ātrums un reakcijas tips.

Uzliesmošanas temperatūra – zemākā (speciālos pētījumu apstākļos) degošas vielas temperatūra, pie kuras virs vielas virsmas veidojas tvaiki vai gāzes, kas no aizdegšanās avota var uzliesmot gaisā, taču tvaiku vai gāzu veidošanās ātrums vēl nav pietiekams stabilai degšanai. Šajā gadījumā viela neturpina degt, jo iztvaikošanas intensitāte nav pietiekama, lai rastos pietiekams degošo tvaiku daudzums. Uzliesmošanas temperatūra nosaka apstākļus, pie kuriem degoša viela kļūst ugunsbīstama.

Starptautiski pieņemts, ka viegli uzliesmojošiem šķidrumiem pieskaitāmi visi degoši šķidrums, kuru uzliesmošanas temperatūra ir zemāka par 61 °C (nosakot slēgtā tīģelī) vai 66 °C (vaļējā tīģelī). Uzliesmošanas temperatūru ņem vērā, nosakot telpu, iekārtu, uzņēmumu uguns- un sprādzienbīstamību.

Vielu ugunsbīstamības klase

Klase	Vielas vērtējums	Uzliesmošanas temperatūra, °C	
		slēgtā tīģeli	vaļējā tīģeli
I	Īpaši bīstamas	<-18	<-13
II	Pastāvīgi bīstamas	-18 līdz 23	-13 līdz 27
III	Bīstamas paaugstinātā temperatūrā	23 līdz 61	27 līdz 66

Piemēram, benzola uzliesmošanas temperatūra ir -11 °C; metanola +11 °C.

*Aizdeģšanās temperatūra* – degošas vielas temperatūra, kurā šī viela izdala degošus tvaikus vai gāzes ar ātrumu, ka pēc aizdeģšanās turpinās stabila deģšana. Šī temperatūra raksturo vielas spēju patstāvīgi degt.

*Pašuzliesmošanas temperatūra* – vielas pati zemākā temperatūra, kurā strauji palielinās eksotermiskās reakcijas ātrums, kas noslēdzas degot ar liesmu. Šis parametrs nav pastāvīgs, bet gan atkarīgs no mēģinājuma apstākļiem (pievadītā siltuma daudzuma, siltuma pārneses, maisījuma tilpuma, katalizatora klātbūtnes). Pašus zemākos rādītājus iegūst, veicot mēģinājumu speciālās stikla kolbās. Standarta paš-aizdeģšanās temperatūru nosaka, vienmērīgi sildot ugunsbīstamu gāzu vai tvaiku maisījumu ar gaisu bez ārēja aizdeģšanās avota klātbūtnes. Piemēram, standarta paš-aizdeģšanās temperatūra metānam ir 537 °C, acetnam 465 °C, dīzeļdeģvielai 250 °C.

Ugunsbīstamo vielu iedalījums klasēs atbilstoši paš-aizdeģšanās temperatūrai

Klase	Uzliesmošanas temperatūra, °C	Piemēri
1.	>450	Metāns, amonjaks, benzols, etāns, propāns
2.	300 līdz 450	Butāns, benzīns, acetilēns
3.	200 līdz 300	Heksāns, heptāns, nafta, gazolīns
4.	135 līdz 200	Dioksāns
5.	100 līdz 135	Sērogleklis

Dažas ugunsbīstamas vielas varaizdegties, sildot tās līdz samērā zemei temperatūrai, ja tās ir saskarē ar citām vielām vai arī ja siltumu izdala mikroorganismi, tāpēc izšķir siltuma, ķīmisko un mikrobioloģisko paš-aizdeģšanos un deģšanu.

Eksplōzijas robeža – to nosaka intervāls starp minimālo (zemākā robeža) un maksimālo (augšējā robeža) temperatūru vai uzliesmošanas koncentrāciju. Šajā diapazonā ugunsbīstamā viela spēj uzliesmot no aizdeģšanās avota un, maisījumam degot, izplatīties jebkurā attālumā no avota. Uzliesmošanas robežas zemāko koncentrāciju ņem vērā, klasificējot ražotnes pēc ugunsbīstamības pakāpes.

Uzskata, ka degoši tvaiki un gāzes ar koncentrācijas robežu līdz 10 % no gaisa

tilpuma un daļiņām  $15 \text{ g/m}^3$  ir īpaši sprādzienbīstami.

Tvaiku uzliesmošanas temperatūras robežas nosaka ar minimālo (zemākā robeža) un maksimālo (augšējā robeža) temperatūru. Uzliesmošanas temperatūras robežas obligāti jāņem vērā, aprēķinot tehnoloģisko procesu drošas darba temperatūras.

Gāzes-gaisa maisījuma aizdegšanās varbūtība nav bīstama, ja temperatūra ir par  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  zemāka par apakšējo uzliesmošanas robežu vai arī par  $15 \text{ }^\circ\text{C}$  augstāka par augšējo uzliesmošanas robežu. Ugunsbīstamu vielu droši var ilgstoši sildīt temperatūrā, kas nepārsniedz  $90 \%$  no pašsasilšanas temperatūras. Piemēram, uzliesmošanas koncentrācijas robeža procentos no gaisa tilpuma acetnam ir  $2,6 \%$  līdz  $12,8 \%$ ; acetilēnam  $2,5 \%$  līdz  $81,1 \%$ ; ūdeņradim  $4,1 \%$  līdz  $74,2 \%$ ; benzolam  $2,3 \%$  līdz  $7,1 \%$ ; benzīnam  $0,96 \%$  līdz  $4,96 \%$ ; metānam  $6,0 \%$  līdz  $34,7 \%$ , kā arī dīzeldegvielai temperatūras robežās no  $27 \text{ }^\circ\text{C}$  līdz  $69 \text{ }^\circ\text{C}$ ; vieglajai naftai no  $-21 \text{ }^\circ\text{C}$  līdz  $-8 \text{ }^\circ\text{C}$ . Pievienojot degošiem maisījumiem inertu gāzi, uzliesmošanas diapazons samazinās vai arī pilnībā zūd spēja aizdegties.

Skābekļa minimālās koncentrācijas piemēri maisījumā ar ugunsbīstamām vielām un inertām gāzēm: acetilēns ar oglekļa oksīdu –  $14,9 \%$ ; acetilēns ar slāpekli –  $11,9 \%$ ; metāns ar oglekļa dioksīdu –  $15,6 \%$ ; metāns ar slāpekli –  $12,8 \%$ ; benzols ar oglekļa dioksīdu –  $14,4 \%$ ; benzols ar slāpekli –  $11,5 \%$ .

Maksimālais sprādziena spiediens – lielākais spiediens, kas attīstās sprādziena laikā. Slēgtā tilpumā sprāgstot optimāla sastāva degošajam maisījumam sprādziena spiediens jāņem vērā, aprēķinot iekārtu aizsargvārstu, korpusu un membrānu sprādzienaizsardzību. Piemēram, maksimālais sprādziena spiediens, MPa: acetilēns –  $0,1$ ; acetons –  $0,89$ ; butāns –  $0,86$ ; ūdeņradis –  $0,74$ ; metāns –  $0,72$ .

Maksimāli droša sprauga – tā ir šaura sprauga vai neliela diametra atvere, kas ir šķērslis uguns, sprādziena vai siltuma izplatībai. Maksimālā sprauga starp atloku un korpusu, caur kuru sprādziens, radies korpusa iekšpusē, neizplatās apkārtējā vidē pie jebkuras ugunsbīstamās vielas koncentrācijas. Pēc šīs spraugas platuma ugunsbīstamās vielas iedala šādās kategorijās:

- I sprauga  $>1 \text{ mm}$ ; metāns (raktuvju gāze);
- II A sprauga  $>0,9 \text{ mm}$ ; rūpnieciskās gāzes un tvaiki (amonjaks, acetons, benzols, CO);
- II B sprauga  $0,5 \text{ mm}$  līdz  $0,9 \text{ mm}$ ; sērogleklis;
- II C sprauga  $<0,5 \text{ mm}$ ; ūdeņradis, sērogleklis.

Maksimāli drošā sprauga tiek ņemta vērā, izvēloties sprādziendrošu elektroaparātūru.

Aizdegšanās minimālā enerģija – elektriskā lādiņa mazākā enerģija, kas var aizdedzināt visvieglāk degošās gāzes, tvaika vai putekļu maisījumu ar gaisu. Atkarībā no šīs enerģijas lieluma ugunsbīstamās vielas iedala šādās kategorijās:

1.  $0,3 \text{ MJ}$  un vairāk (metāns);
2.  $0,18 \text{ MJ}$  līdz  $0,3 \text{ MJ}$  (etāns, butāns, benzols);
3.  $0,06 \text{ MJ}$  līdz  $0,18 \text{ MJ}$  (etēns, metanols);
4.  $<0,06 \text{ MJ}$  (ūdeņradis, acetilēns).

Šo rādītāju ņem vērā, projektējot sprādziendrošas elektroiekārtas, kā arī izstrādā-

jot pasākumus elektrostatiski bīstamu faktoru novēršanai.

Degšanas ātrums – nosacīti nedegošas gāzes, gāzu un gaisa maisījumu normāls degšanas ātrums raksturo liesmas frontes pārvietošanos. Piemēram, degšanas ātrums (m/s) acetilēnam – 1,57; ūdeņradim – 2,67; metānam – 0,338; metanolam – 0,572. Pilnīgas sadegšanas ātrumu nosaka degošās vielas masa, kas sadeg laika vienībā noteiktā laukumā. Tiek ņemta vērā, aprēķinot ugunsgrēka ilgumu, temperatūru un siltuma izdalīšanos.

Degoša šķidrums sasilšanas ātrumu nosaka izmērot ātrumu, ar kādu palielinās viendabīga sasiluša slāņa biezums temperatūrā, kas vienāda ar šķidrums viršanas punktu. Šis rādītājs tiek izmantots, aprēķinot laiku, kāds nepieciešams ugunsgrēka dzēšanai. Piemēram, benzīnam 70 cm/h.

Degošas vielas reakcijas tips ar ūdeni saturošiem ugunsdzēsšanas līdzekļiem (ūdens strūkļa, izsmidzināts ūdens, putas un tvaiks), nosaka ugunsgrēka dzēšanas stratēģiju, uguns dzēšanas efektivitāti un iespējamās sarežģījumus cīņā ar ugunsgrēku (uzvārīšanās, izmeši, straujas ķīmiskas reakcijas). Degošas vielas ugunsbīstamību novērtē, izmantojot visus minētos parametrus.

Porainām, šķiedrainām un birstošām cietām vielām nosaka arī pašsasilšanas, gruzdēšanas un pašizdegšanās temperatūru. Ja cietas vielas ir pulverveida un var veidot putekļu mākoņus, tās var būt sprādzienbīstamas, jo tām ir ļoti liela virsma, kas vienlaikus reaģē ar skābekli. Lai novērtētu vielas ugunsbīstamību, jāizpēta tās īpašības un jāņem vērā iespējamās vielas izmaiņas laika gaitā un noteiktos apstākļos. Tas īpaši svarīgi gadījumos, kad ugunsnedrošās vielas nonāk kontaktā ar citām aktīvām vielām vai arī ilgu laiku tiek pakļautas siltuma, radiācijas vai citai ārējai iedarbībai, kas var mainīt vielas fizikāli ķīmiskās īpašības.



# 11.

# POLIMĒRI

Polimēri ir organiski lielmolekulāri savienojumi. Ir dabiskie un sintētiskie (mākslīgie) polimēri. Dabiskie polimēri ir celuloze, dabiskie augu un dzīvnieku izcelsmes sveķi (kalifonijs, šellaka u. c.), dabīgais kaučuks, kā arī dažas olbaltumvielas.

Sintētiskie (mākslīgie) polimēri ir dažādi sintētiskie sveķi, šķiedras, plastmasas, sintētiskais kaučuks, lakas, krāsas, līmes (kuru pamatā ir sintētiskie sveķi).

Polimērus (sintētiskos sveķus) iegūst polimerizācijas un polikondensācijas procesos.

Polimerizācija – mazmolekulāru molekulu (monomēru) savienošana lielās molekulās, kuru īpašības būtiski atšķiras no monomēru īpašībām. Polimerizācijas reakcijas notiek ultravioleto staru iedarbībā (fotopolimerizācija), siltuma (termopolimerizācija) vai katalizatora (katalītiskā polimerizācija) klātbūtnē.

Polimerizācijas reakcijas rezultātā neizdalās kādas mazmolekulāras vielas. Polimēru elementāro posmu (strukturelementu) sastāvs līdzīgs monomēram.

Polikondensācija ir reakcija, kurā piedalās divas vai vairākas vienādas vai dažādas mazmolekulāras vielas. Atšķēloties atomiem vai atomu grupām (mazmolekulārām vielām), veidojas polimēri.

Polikondensācijas reakcijās izdalās spirti, ūdens, amonjaks u. c. vielas. Reakcijas noris siltuma un katalizatora klātbūtnē.

Atkarībā no tā, kā sintētiskie polimēri izturas paaugstinātā temperatūrā, tos iedala:

- termoplastiskajos,
- termoreaktīvajos.

Termoplastiskie polimēri sildot kļūst viskozi šķidri, bet atdzesējot pāriet cietā stāvoklī, nemainot sākotnējās īpašības.

Termoreaktīvie polimēri (sveķi) istabas temperatūrā vai sildot (ja tie bijuši cieti – kļūst mīksti) pārvēršas nekūstošos un nešķīstošos materiālos.

Plastmasas ir materiāli, kuru galvenā sastāvdaļa ir sintētiskais polimērs un kā piedevas ir:

- neliels daudzums palīgvielu (krāsvielas, eļļošanas līdzekļi, stabilizatori);
- pildvielas un plastifikatori.

## 11.1. Polimerizācijas sveķi

Polimerizācijas sveķu sintēzei nepieciešamos monomērus iegūst no akmeņogļu, naftas, dabas gāzes un rūpniecisko gāzu pārstrādes produktiem, kā arī no augu izcelsmes produktiem.

Plašāk izmantojamie monomēri ir etilēns, propilēns, vinilhlorīds, stirols.

## Polietilēns ( $\text{CH}_2\text{-CH}_2$ )<sub>n</sub>

Etilēna polimerizācijas reakcija var notikt, izmantojot:

- radikālu mehānismu iniciatoru (peroksīdu, persulfātu, azosavienojumu, metālu alkilatvasinājumu) klātbūtnē;
- jonu mehānismu – katalizatoru (Ciglera katalizatori), IV–VIII grupas metālu hidrīdu vai alkilu klātbūtnē.

Mūsdienās polietilēnu iegūst, arī polimerizējot etilēnu  $\gamma$ -starojuma ietekmē.

Polietilēns ir termoplastisks polimērs ar samērā nelielu cietību, bez garšas un smakas, ar kristālisku struktūru, kurā vienmēr ir arī amorfā fāze. Polietilēna molekula ir metilgrupu gara ķēde ar sānu grupām. Jo vairāk sānu grupu polimēra ķēdē, jo zemāka kristalizācijas pakāpe.

Istabas temperatūrā polietilēns nešķīst nevienā no zināmajiem šķīdinātājiem, ilgi izturot alifātiskajos, aromātiskajos un hlorētajos ogleņdeņražos, polietilēns uzbriest. Sildot virs 70 °C, polietilēns vāji šķīst toluolā, ksilolā, amilacetātā, trihloretilēnā, terpentīnā, hlorētajos ogleņdeņražos, tetralīnā, minerāleļļās un parafīnā. Istabas temperatūrā polietilēns izturīgs pret atšķaidītas sērskābes un slāpekļskābes iedarbību. Sildot pazeminās polietilēna mehāniskās īpašības. Iedarbojoties gaisa skābeklim, ultravioletajiem stariem un temperatūrai, pasliktinās polietilēna fizikāli mehāniskās un dielektriskās īpašības – notiek polietilēna “novecošanās”, t. i., samazinās elastība, aukstumizturība, polietilēns kļūst trausls, plaisā.

Polietilēna masu krāso ar krāsvielām un pigmentiem; virsmas krāsošana iespējama tikai pēc speciālas polimēra virsmas apstrādes.

Polietilēnu izmanto plēvju, cauruļu, lokšņu aizsargpārklājumu, formētu izstrādājumu, šķiedru un putuplasta ražošanai.

Polietilēna izejviela etilēns ir tipiska gaistoša narkotiska viela, kas iedarbojas arī kairinoši. Etilēns var izraisīt nosmakšanu. Pārstrādājot polietilēnu īpaši augstā temperatūrā un sadedzinot, izdalās akrolīns, formaldehīns, oglekļa oksīds, stabilizatori vai to sadalīšanās produkti. Polietilēna destrukcijas produktiem ir kairinoša, sensibilizējoša un vispārtoksiska iedarbība, var izraisītastmu. Novērota audzēju attīstība pēc polietilēna implantu ievadīšanas, taču kancerogēnēze vairāk saistīta ar vielas cieto stāvokli, nevis monomēra ietekmi.

## Hlorētais un sulfohlorētais polietilēns

Hlorēto polietilēnu iegūst polietilēna suspensiju vai šķīdumu hlorējot ar gāzveida hloru. Atkarībā no hlorā satura hlorētajā polietilēnā mainās tā īpašības. Ja hlorā saturs ir 25 % līdz 40 %, iegūst mīkstu, kaučukveida materiālu, kura īpašības līdzīgas plastificēta polivinilhlorīda īpašībām; šādu hlorēto polietilēnu izmanto, ražojot elektroizolācijas materiālus, mākslīgo ādu, plēves un lokšņu materiālu.

Palielinoties hlorā saturam, hlorētais polietilēns elastīgās īpašības zaudē, tas kļūst ciets. Sildot hlorēto polietilēnu virs 190 °C līdz 200 °C, no tā atšķēļas hlorūdeņradis. Gan ražojot, gan izmantojot hlorēto polietilēnu (augstā temperatūrā), toksiskās vielas – hlors, hlorūdeņradis – kaitīgi iedarbojas uz cilvēka organismu (sk. nodaļas par

hloru un hlorūdeņradi).

Sulfohlorēto polietilēnu iegūst, apstrādājot polietilēnu ar gāzveida sēra dioksīdu un hloru katalizatora klātbūtnē. Visplašāk pētīts un tiek izmantots sulfohlorētais polietilēns, kurā sēra saturs ir 1,7 % un hlora saturs 29 %. Šāds polimērs ir mīksts kaučukveida materiāls, kuru var vulkanizēt; kā vulkanizācijas aģentus visbiežāk izmanto svina un magnija oksīdu. Vulkanizāciju paātrina sēru saturoši savienojumi, piemēram, merkaptobenzotiazols. Vulkanizēts sulfohlorētais polietilēns saglabā elastību, ir ķīmiski izturīgs, labi savietojas ar citiem polimēriem, pildvielām un krāsvielām, tam ir laba aukstumizturība ( $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  līdz  $-65\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) un ozona izturība. Karsējot atšķēļas hlors un sēra dioksīds (par šo vielu toksiskumu sk. atbilstošajās nodaļās).

## Polipropilēns

Polipropilēna izejviela ir no naftas krekīnga gāzēm vai naftas produktu gāzēm iegūtais propilēns. Propilēnu polimerizē heterogēnu katalizatoru (titāna tetrahlorīda, trietilalumīnija) klātbūtnē. Atkarībā no tā, kā propilēna lielmolekulā izvietojas sānu metilgrupas, formējas polipropilēna mehāniskās īpašības. Ja metilgrupas novietojas vienā lielmolekulas pusē vienā plāknē, iegūst tā saukto izotaktisko (stereoregulāro) polipropilēnu, tad kopā ar katalizatoru jālieto tā sauktais līdzkatalizators ( $\text{LiH}$ ;  $\text{LiCH}_3$ ;  $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$ ).

Stereoregulārais polipropilēns ir ciets, caurspīdīgs, spīdīgs netoksisks produkts bez smakas. Polipropilēna mehāniskās īpašības atkarīgas no tā molekulmasas; pieaugot molekulmasai, tā mehāniskās īpašības uzlabojas. Polipropilēnam ir vismazākais blīvums no visiem cietajiem termoplastiskajiem polimēriem.

Istabas temperatūrā polipropilēns nešķīst organiskajos šķīdinātājos, pat ilgi atrodies tajos; uzbrīst aromātiskajos un hlorētajos ogleņūdeņražos, bet sildot virs  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  tajos šķīst. Izklīdētā gaismā nestabilizēts polipropilēns nemainās 2 gadu laikā, tiešos saules staros tas kļūst trausls jau pēc nedaudz mēnešiem, jo ultravioletie stari izraisa polipropilēna oksidēšanos. Antioksidanti darbojas tikai neilgu laiku. Ievadot polipropilēnā 2 % kvēpu, tas tiešos saules staros var kalpot 2 gadus. Polipropilēnu izstrādājumos pārstrādā presējot, lejojot zem spiediena, formējot vakuumā. Polipropilēna masu var krāsot; stabilizēšanai un krāsošanai polipropilēnā ievada amīnus, kvēpus, pigmentus, krāsvielas. Polipropilēns savietojas ar dabīgo un sintētisko kaučuku, polistirolu, polietilēnu un polivinilhlorīdu.

No polipropilēna izgatavo caurules, plēves, elektroizolācijas materiālu, formētus un lietus izstrādājumus, šķiedras, aizsargpārklājumus. Veselībai kaitīgi var būt augstās temperatūrās no polipropilēna izdalījušies un sadalījušies stabilizatori un antioksidanti.

## Poliizobutilēns

Poliizobutilēna izejviela ir izobutilēns, kuru iegūst no naftas un naftas produktu krekīnga gāzēm vai arī no dažu atradņu dabas gāzes. Izobutilēns viegli polimerizējas katalizatoru – metālu halogenīdu (bora fluorīds, alumīnija bromīds, alumīnija hlo-

rīds u. c.) – klātbūtnē, šķīdri etilēna, etāna, propāna, butāna vidē. Šķīdinātāja daudzums ietekmē poliizobutilēna polimerizācijas pakāpi (molekulmasu); visaugstāko polimerizācijas pakāpi sasniedz, ja izobutilēna koncentrācija šķīdumā ir 15–30 %.

Poliizobutilēns ir miksts, elastīgs kaučukveida materiāls ar amorfu struktūru. Stiepjot poliizobutilēnu, tas kristalizējas. Kristāliskā fāze kūst 50 °C līdz 70 °C temperatūrā un saglabājas tikai izstieptā polimērā. Ļoti liela nozīme ir polimēra molekulmasai; tai pieaugot, uzlabojas polimēra mehāniskās īpašības (stiprība, cietība). Pēc fizikālajām un mehāniskajām īpašībām poliizobutilēns pieskaitāms kaučukiem, taču, atšķirībā no kaučukiem tas nav vulkanizējams (tajā nav divkārsu saišu).

Poliizobutilēns labi šķīst aromātiskajos, hlorētajos un naftas ogļūdeņražos un minerālējās. Istabas temperatūrā stabils pret visu skābju un sārnu šķīdumu iedarbību. Temperatūrai paaugstinoties, pakļaujas slāpekļskābes un citu oksidantu iedarbībai.

Poliizobutilēnu ķīmiskajā rūpniecībā izmanto aparatūras (reaktoru) oderējumam un blīvēm; betona un celtniecības konstrukciju pārklājumiem; cauruļvadu, cauruļu izgatavošanai; elektrotehnikā – vadu izolēšanai. Poliizobutilēns labi savietojas ar dabīgo un sintētisko kaučuku; no šāda materiāla izgatavo dzensiksnas, transportlentes, cisternu apvalkus, ūdensnecaurlaidīgus paliktņus, grīdas segumus, mākslīgo ādu, gumijotus tehniskos audumus u. c. Poliizobutilēna ieguve parasti notiek zemā temperatūrā (no –40 °C līdz –80 °C); piesardzības pasākumi jāievēro arī darbā zemā temperatūrā.

## Polistirols

Polistirola izejviela ir stirols, ko iegūst naftas pirolīzes procesā un ogļu sausajā pārtvaicē. Mūsdienās stiroru iegūst katalītiski dehidrējot etilbenzolu. Stirols viegli polimerizējas blokā, šķīdumā, emulsijā un suspensijā.

Polimerizāciju blokā var veikt, sildot iniciatora klātbūtnē vai bez tā. Kā iniciatoru izmanto peroksīda tipa savienojumus. Šo iniciatoru trūkums ir tas, ka tie izraisa polistirola dzeltēšanu.

Polimerizācija šķīdumā (bez iniciatora klātbūtnes) notiek lēnāk, iegūtajam polimēram ir mazāka molekulmasa. Visplašāk šo metodi izmanto, ja polistirols nav jāizdala no šķīduma, bet šķīdumu izmanto kā laku.

Polimerizāciju ūdens emulsijā veic samērā zemā temperatūrā, process notiek lielā ātrumā, un tiek iegūts polimērs ar lielu molekulmasu. Emulsijas stabilitāti nodrošina emulgatori – ohāti, stearāti, sulfoskābes un to sāļi. Kā iniciatoru izmanto ūdenī šķīstošus peroksīdus (ūdeņražā peroksīds, amonija un kālija peroksīds) vai hidroperoksīdu (kumola hidroperoksīds). Suspensijas polimerizācijas iniciēšanai izmanto stirolā (monomērā) šķīstošu iniciatoru (benzola peroksīds); kā suspensijas stabilizatoru izmantojot polivinilspirtu.

Polistirols ir ciets, caurspīdīgs materiāls bez garšas un smakas, deg ar stipri kūpošu liesmu. Polistirols šķīst aromātiskajos un hlorētajos ogļūdeņražos, esteru, ketonu, sērogleklī, piridīnā. Tas ir ķīmiski izturīgs pret dažādu agresīvu reaģentu iedarbību, kā arī pret skābju, sārnu ūdens šķīdumu, ūdens, spirta, benzīna, augu eļļu, sāļu šķīdumu iedarbību. Koncentrēta slāpekļskābe un citi oksidētāji to sagrauj.

Zināmās robežās mehāniskās īpašības ir atkarīgas no polistirola molekulmasas. Mazmolekulāri polimēri ir ļoti trausli ar zemu stiepes izturību. Palielinoties molekulmasai, trauslums samazinās, palielinās stiprība un mikstapšanas temperatūra. Sasniedzot noteiktu molekulmasu (~100 000), mehāniskās īpašības mainās maz.

Polistirola izmantošanu dažkārt ierobežo tā samērā zemā termoizturība. Prakse rāda, ka maksimālā polistirola darba temperatūra ir 70 °C līdz 75 °C. Polistirolam ir ļoti labas dielektriskās īpašības, to plaši izmanto kā izolācijas materiālu. Tas ir viegli krāsojams; krāsvielu var ievadīt jau monomērā (polimerizācijas blokā) vai krāsot izkusuša polistirola masu pārstrādes procesā.

Polistirolu pārstrādā, lejoj zem spiediena, presējot, ekstrudējot kā arī izpūšot. Polistirolu var plastificēt, taču nav ieteicams pievienot vairāk par 1 % plastifikatora (trikrezilfosfāts, trifenilfosfāts), jo tad pasliktinās mehāniskās īpašības.

Polistirolu izmanto viegla materiāla – putu polistirola – iegūšanai; tā slēgtās poras ir pildītas ar gaisu vai kādu gāzi, piemēram, slāpekli. Šāds materiāls ir labs siltumizolators, skaņas izolators, iepakojamais materiāls (aparātūrai).

Polistirola iegūšanas un pārstrādes procesā galvenais kaitīgais faktors ir stirols. Organismā stirols nokļūst caur elpošanas ceļiem, kuņģi un zarnu traktu, caur ādu. Akūtas saindēšanās gadījumā novērojama stirola kairinoša un narkotiska iedarbība. Hroniskas pārmaiņas centrālajā un veģetatīvajā nervu sistēmā, smagākos gadījumos rodas aknu funkcijas traucējumi un toksiskais hepatīts. Polistirola putekļi izraisa augšējo elpošanas ceļu iekaisumu, ādas sausumu, sprēgāšanu, dermatītu un ekzēmu.

## Polivinilacetāts

Polivinilacetāta izejvielas (vinilacetāta) iegūšanas pamatā ir reakcija starp acetilēnu un etiķskābi. Rūpnieciski vinilacetātu iegūst šķidrā vai gāzes fāzē. etiķskābei pievienojot acetilēnu katalizatora klātbūtnē (dzīvsudraba sulfāts vai fosfāts).

Vinilacetāts viegli polimerizējas gaismas (UV stari), siltuma, iniciatora un katalizatora klātbūtnē. Atkarībā no reakcijas apstākļiem un reakcijas ierosinātāja tipa iegūst šķidrus, viskozus vai cietus polimērus. Līdzīgi kā polistirolu, polivinilacetātu var iegūt blokā, šķīdumā, emulsijā un suspensijā.

Polivinilacetāts ir bezkrāsas caurspīdīgs polimērs bez smakas, nav toksisks, nenoveco pat tiešu saules staru iedarbē. Ūdens un sārmu šķīdumu ietekmē, īpaši paaugstinātā temperatūrā, polivinilacetāts viegli hidrolizējas par polivinilspirtu.

Polivinilacetāts šķīst ketonos, esteros, hlorētajos un aromātiskajos ogļūdeņražos. Nešķīst bezūdens spirtos (izņemot metilspirtā), taču, pievienojot spirtiem nedaudz ūdens, tie kļūst par polivinilacetāta šķīdinātājiem.

Polivinilacetāts ļoti jutīgs pret sildīšanu, tāpēc nav izmantojams augstā temperatūrā. Pie 120 °C un vairāk pat lielmolekulārs polivinilacetāts kļūst plastisks, pie 170 °C sākas destrukcija, izdaloties etiķskābei, polimēra ķēdē veidojas divkārtas saites. Polivinilacetāts labi savienojas ar esteru tipa plastifikatoriem (izņemot dioktilftalātu), visbiežāk izmanto dibutilftalātu un trikrezilfosfātu. Polivinilacetāts savienojas ar nitrocelulozi, benzilcelulozi, celulozes acetobutirātu, hlorēto kaučuku, fenolformaldehīda sveķiem. Polivinilacetāta fizikālās un mehāniskās īpašības ir atkarīgas no

tā molekulmasas; tai palielinoties, uzlabojas fizikāli mehāniskās īpašības. Polivinilacetātu izmanto laku, krāsu un līmes ražošanā. Līmes ir divu veidu:

- 12 % līdz 20 % polimēra šķīdums acetona, etilacetātā, metiletilketonā, spirtā;
- 10 % līdz 60 % polimēra emulsija ūdenī.

## Polivinilspirts

Polivinilspirts ir vienīgais polimērs, kuru neiegūst polimerizējot monomēru, bet gan apziepojot tā esterus (polivinilacetātu), jo līdz pat šim laikam brīvs polivinilspirts nav iegūts. Polivinilacetāta hidrolīzi (apziepošanu) veic metilspirtā vai dioksānā sārma pārākumā.

Polivinilspirts ir kristālisks polimērs, kas vienmēr satur arī neapzīepotas acetātgrupas. Ja acetātgrupu ir mazāk par 50 %, polivinilspirts šķīst ūdenī (pie 35 °C līdz 40 °C), ja acetātgrupu ir vairāk nekā 50 %, polivinilspirts nešķīst ne aukstā, ne karstā ūdenī, bet šķīst ūdenī saturošā metilspirtā. Polivinilspirts šķīst arī alifātiskajos glikolos, glicerīnā, dimetilformamīdā, fenolā, urīnvielā, dimetilsulfaksīdā.

Polivinilspirts ir plastificējams; izšķīr divu veidu plastifikatorus:

- īstie plastifikatori; vielas, kurās polivinilspirts šķīst (ūdens, fosforskābe);
- netiešie plastifikatori; vielas, kurās zemā temperatūrā polivinilspirts uzbriest un sildot – šķīst (glikols, dietilenglikols, glicerīns).

Polivinilspirtu izmanto plēvju, līmju, šķiedras aizsargkoloīdu, apretu (pret statiskās elektrības lādiņu uzkrāšanos) ražošanā, pārtikas rūpniecībā (želejas, saldējums), kā tipogrāfijas krāsu biezinātāju, gaismas jutīgā slāņa izgatavošanai fotoreprodukcijas procesos.

## Polivinilacetāli

Tehnikā plaši izmanto polivinilspirta atvasinājumus – polivinilacetāli, kurus var iegūt ar gandrīz visiem aldehīdiem (alifātiskajiem, aromātiskajiem, piesātinātajiem un nepiesātinātajiem). Rūpnieciski svarīgākie ir: polivinilformāls, poliviniletilāls, polivinilbutirāls un jauktais polivinilacetāls – polivinilformiatāls. Polivinilacetālus iegūst devējādi:

- vienā stadijā, kad secīgi veic polivinilacetāta apziepošanu, katalizators vienlaikus veicinās apziepošanas reakciju un aldehīda pievienošanos polivinilspirtam;
- divās stadijās, kad vispirms no polivinilacetāta iegūst polivinilspirtu, kuru pēc tam kondensē ar aldehīdu.

Visi polivinilacetāli ir amorfi polimēri, kuru fizikāli ķīmiskās īpašības ir atkarīgas no:

- polivinilspirta (vai polivinilacetāta) molekulmasas;
- hidroksilgrupu un acetālgrupu attiecības polivinilspirtā;
- hidroksilgrupu un acetālgrupu attiecības polivinilacetālā;
- aldehīda ķīmiskā sastāva.

Jo lielāka molekulmasa, jo polivinilacetāls ir termoizturīgāks, sala izturīgāks,

mehāniski izturīgāks pret stiepi un elastīgāks. Jo tālāk homologiskajā rindā atrodas alifātiskais aldehīds, jo mazāka polivinilacetāla termoizturība, lielāka lokanība un elastība. Aromātiskie aldehīdi palielina polivinilacetāla hidrofobās īpašības.

Polivinilformālu visvairāk izmanto elektroizolācijas laku un līmju izgatavošanā, kā arī izgatavo putuplastu ar labām mehāniskajām īpašībām.

Polivinilacetātu izmanto laku, presmateriālu ražošanā, to var liet zem spiediena. Polivinilētilāla plēvēm ir ļoti laba atmosfēras izturība.

Polivinilbutirālu izmanto bezkrāsainu, caurspīdīgu plēvju izgatavošanai, ko lieto kā līmējošu starpslāni, līmējot silikātu vai organisko stiklu (daudzslāņu, bezšķembu stikls automobiļiem). No polivinilbutirāla izgatavo plēves audumu dublēšanai (lietumtēļi), metālu gruntis, lakas, caurules un dažādus presētus izstrādājumus.

Polivinilformaletilātu izmanto kā elektroizolācijas materiālu, kā antikorozijas pārklājumus (lakas) pat uz krāsainiem metāliem.

## Polivinilhlorīds

Polivinilhlorīdu iegūst no vinilhlorīda, polimerizējot to UV staru vai peroksīdu tipa iniciatora klātbūtnē blokā, emulsijā, suspensijā.

Polivinilhlorīds ir amforas struktūras, termoplastisks materiāls, parasti pulvera veidā. Mazmolekulārs (300 μm līdz 500 μm) polivinilhlorīds šķīst acetona un citos ketonos, esteros, hlorētajos ogļūdeņražos. Lielmolekulārs polivinilhlorīds šķīst slikti, izdodas iegūt tikai 1–10 % polimēra šķīdumu ketonos (metiletilketonā, cikloheksanonā, ciklopentanonā) vai hloretānā, hlorbenzolā, dioksānā. Plastifikatoros istabas temperatūrā polivinilhlorīds gandrīz nemaz nešķīst; paaugstinoties temperatūrai, polivinilhlorīds plastifikatoros uzbriest un dažos pat šķīst.

Kā plastifikatorus izmanto:

- organisko skābju esterus (ftalātus, adipātus, sebacinātus);
- neorganisko skābju esterus (arilfosfātus, alkilfosfātus);
- polietilenglikola esterus un nepiesātināto eļļu atvasinājumus;
- polimēros plastifikatorus (nitrilkaučukus un poliesterus);
- citus savienojumus (nitrilus, amīdus, ogļūdeņražus).

Pēc savietojamības ar polivinilhlorīdu plastifikatorus iedala trīs grupās:

- pirmā – īstie plastifikatori, vielas, kas praktiski bez ierobežojumiem savietojas ar polivinilhlorīdu (dioktilftalāts, tritotilfosfāts);
- otrā – vielas, kas sliktāk savietojas ar polivinilhlorīdu, taču piedod tam specifiskas īpašības. Parasti otro grupu lieto kopā ar pirmo. Otrās grupas plastifikatori ir polimēri (polipropilēnadipāts, polipropilēnsebacināts);
- trešā – modifikatori, vielas, kas nesavietojas ar polivinilhlorīdu (hlorētie vaski, augstas viršanas temperatūras naftas aromātiskās frakcijas). Trešo grupu parasti lieto kopā ar pirmo.

Neplastificēts polivinilhlorīds ir ciets termoplastisks materiāls, piemērots plēves, lokšņu, cauruļu, presētu materiālu izgatavošanai.

Neplastificēts polivinilhlorīds (vinilplasts) ir necaurspīdīgs, nedegošs materiāls, bez smakas, no gaiši līdz tumši brūns, ar labām dielektriskajām īpašībām, ķīmiski iz-

turīgs. Mehāniskās īpašības (lieces un spiedes izturība) labākas nekā polietilēnam un polistirolam. Termoizturība samērā zema (65 °C līdz 70 °C), pie -10 °C kļūst trausls. Pie 160 °C vinilplasts ir formējams (lokāms, izspiežams). Dielektriskās īpašības praktiski nemainās temperatūras intervālā 20 °C līdz 80 °C.

Zemā temperatūrā polivinilhlorīda ķīmiskās īpašības ir labākas, sildot ķīmiskās īpašības pasliktinās. Suspensijas polimērs agresīvā vidē ir izturīgāks nekā emulsijas polimērs. Vinilplastu izmanto cauruļu, ventilācijas kanālu, dzesētāju glodeņu, aparatūras metāla daļu oderēšanas materiālu, ķīmiskās aparatūras un laboratorijas pierderumu izgatavošanai.

Plastificētu polivinilhlorīdu (plastikāts) iegūst, pievienojot tam plastifikatoru (dibutilftalātu, dioktilftalātu u. c.) un stabilizatoru (kalcija stearātu, kalcija stereātu, kadmija stereātu), pildvielas (kaolīnu, kvēpus) un pigmentus (titāna dioksīdu).

Visplašāk plastikāta plēves izmanto: iesaiņošanai (galantērijas izstrādājumiem, motoriem), biežākas plēves (0,22 mm līdz 0,32 mm) izmanto kā taras materiālu. No plastikāta gatavo arī caurules un kabeļu izolāciju. Plastikātam ir labas elektroizolācijas īpašības, laba atmosfēras izturība, benzīna un eļļas izturība, tas ir elastīgs un nedegošs.

Gatavo arī vinilītu – uz plāna kokvilnas auduma uzneests plastificēts polivinilhlorīds (no auduma vienas puses). Vinilītu izmanto galantērijas izstrādājumu, lietusmēteļu, galdautu, apmetņu, celiņu izgatavošanai; uz biežāka auduma pamatnes gatavo linoleju, grīdas plāksnes.

No polivinilhlorīda var izgatavot arī putu un poru vinilhlorīdu. Ja poras ir izolētas, iegūst putuplastu, ja poras ir savienotas, – poroplastu. Abus šos materiālus izmanto kā izolācijas materiālus (īpaši saldējamās iekārtās) – kā termoizolāciju un skaņas izolāciju. Polivinilhlorīda šķiedras ir mehāniski izturīgas, ķīmiski stabilas un ar labu gaismas izturību. No šķiedras gatavo auklas, tīklus, filtru audumus, izpletņus, kā arī apģērbu. Vienīgais šķiedru trūkums ir to zemā siltumizturība.

Polivinilhlorīda ražošanā galvenais kaitīgais faktors ir vinilhlorīds. Avārijas gadījumā, kad telpā ir augsta vinilhlorīda koncentrācija, cietušais var ielīgt dziļā narkozē, kas var beigties ar nāvi. Mazāka vinilhlorīda koncentrācija var izraisīt pirmsnarkozes stāvokli. Hroniskas saindēšanās gadījumā sabiezē pirkstu āda, tiek skartas aknas, liesa, kuņģis, nieres, zarnu trakts, plaušas un sirds. Paplašinās barības vada un kuņģa vēnas, kas var izraisīt iekšējo asiņošanu. Patoloģiskās izmaiņas nierēs izraisa izmaiņas asinsainā. Vinilhlorīds izraisa kuņģa, smadzeņu un krūts dziedzeru vēzi. Novēroti arī limfas un asinsrades orgānu ļaundabīgie audzēji.

Ja vinilhlorīda koncentrācija darba telpu gaisā sasniedz dažus desmitus miligramu kubikmetrā, strādājošiem rodas lēkmjveida galvassāpes, reibonis, vispārējs nespēks, pastiprinās svīšana, sāpes ekstremitātēs, aukstas, bieži vien zilganas plaukstas.

Pārstrādājot polivinilhlorīdu, gaisā var izdalīties hlorūdeņradis, oglekļa oksīds, fosforskābe, ftālskābes ēsteri u. c. gaistošas organiskās vielas. Šīm vielām ir kairinoša un vispārtoksiska iedarbība. Novēroti pneimokoniozes gadījumi polivinilhlorīda putekļu iedarbības dēļ.



## Perhlorvinils

Perhlorvinils ir polivinilhlorīda hlorēšanas produkts. Hlora saturs perhlorvinilā ir 65 % līdz 68 % (polivinilhlorīdā – 56,8 %).

Perhlorvinils ir balts vai gaiši dzeltens pulveris, labi šķīst butilacetātā, ketonos, hlorētos alifātiskajos un aromātiskajos ogļūdeņražos. Perhlorvinils labi plastificējas (ar dibutilftalātu, trirezilfosfātu). Perhlorvinilam ir laba ķīmiskā izturība agresīvās vidēs līdz 50 °C (karaļūdenī, fosforskābē, sērskābē, sālskābē, permanganātā, amonjakā kā arī sārmos). Samērā zemās siltumizturības dēļ perhlorvinils ekspluatējams temperatūrā līdz 85 °C. No perhlorvinila ražo līmes, šķiedras, ķīmiski izturīgus pārklājumus.

### 11.2. Vinilhlorīda kopolimēri

Lai uzlabotu polivinilhlorīda šķīdību, siltumizturību, adhēziju u. c. īpašības, veic modifikāciju ar vinilacetātu, vinilidēnhlorīdu, stirolu, akrilskābes un metaksilskābes esteriem. Svarīgākie no šiem kopolimēriem ir vinilhlorīda-vinilidēnhlorīda un vinilhlorīda-vinilacetāta kopolimēri.

#### Vinilhlorīda un vinilidēnhlorīda kopolimērs

Šo kopolimēru parasti iegūst emulsijā. Kopolimērā ir vairāk aktīvākā vinilidēnhlorīda nekā izejvielu maisījumā. Kopolimēru plastificē ar ftalskābes, fosforskābes esteriem un naftalīnu.

Kopolimēram ir laba ķīmiskā izturība pret skābju un sārmu iedarbību (izņemot koncentrētu sērskābi un nātrija hidroksīdu); laba ūdens izturība. No kopolimēra izgatavo lakas, elastīgas vai cietas plāksnes, grīdas flīzes, skaņuplates, līmes, pārklājumus uz papīra un auduma.

#### Vinilhlorīda un vinilacetāta kopolimērs

Vinilhlorīda kopolimērs satur 5 % līdz 15 % vinilacetāta (reti līdz 40 %). Kopolimēru iegūst šķīdumā vai emulsijā. Palielinoties vinilacetāta daudzumam kopolimērā, uzlabojas tā šķīdība, savietojamība ar plastifikatoriem un cietiem polimēriem, bet samazinās ūdens izturība, mikstapšanas temperatūra, cietība.

No šī kopolimēra iegūst lakas un pārklājumus uz papīra, kartona, auduma, ražo šķiedras, plēves un plāksnes.

#### Polivinilidēnhlorīds

Vinilidēnhlorīds viegli polimerizējas pēc radikāļu mehānisma; iegūtais polimērs ir kristāliskas struktūras. Iegūst to blokā, emulsijā un suspensijā. Polimērs šķīst lielākajā vairumā organisko šķīdinātāju. Sildot no polimēra atšķēlas hlorūdeņradis. Siltumizturību palielina stabilizatori (alvas un kadmija organiskie savienojumi). Plaši izmanto polivinilidēnhlorīda šķiedras.

## Politetrafluoretilēns

Politetrafluoretilēns – etilēna polimērs, kurā visi ūdeņraža atomi ir aizvietoti ar fluoru. Polimēra izejviela ir tetrafluoretilēns, kas peroksīdu tipa (benzola peroksīds, ūdeņraža peroksīds) iniciatora klātbūtnē viegli polimerizējas suspensijā.

Politetrafluoretilēns ir viens no vislabākajiem polimēriem, kas iegūst ķīmisko un fizikālo īpašību apvienojumus, kādu nav nevienam dabīgam vai sintētiskā ceļā iegūtam materiālam. Politetrafluoretilēns nešķīst nevienā no zināmajiem šķīdinātājiem pat paaugstinātā temperatūrā. Tam nav arī plastifikatora.

Politetrafluoretilēns ķīmiski izturīgāks pat par zeltu, platīnu, stiklu, porcelānu, emalju, speciālajiem tēraudiem un sakausējumiem. Polimēra noārdīšanās notiek tikai paaugstinātā temperatūrā izkausētu sārnu metālu, elementāra fluora vai hlora tīfluorīda klātbūtnē. Ūdens neslapina polimēru un nekādi neietekmē pat ilgā laikā.

Politetrafluoretilēna siltumizturība ir ļoti laba, to var ilgstoši izmantot temperatūrās līdz 250 °C. Pie 327 °C polimērs zaudē savu kristālisko struktūru, kļūst amorfs un caurspīdīgs. Polimērs ir elastīgs, tas nekļūst trausls pat pie –269 °C. Politetrafluoretilēns nav izturīgs pret apstarošanu ar  $\gamma$  vai  $\beta$  stariem, tas kļūst trausls, samazinās molekulmasa. Politetrafluoretilēna mehāniskā izturība saglabājas pat līdz 300 °C. Tam ir ļoti mazs berzes koeficients, kas saglabājas līdz 327 °C; tādēļ to izmanto metālistisku, savā starpā berzējošos virsmu pārklāšanai tad, kad parastie ziežmateriāli nav efektīvi vai tos nevar lietot (augstās temperatūrās; tur, kur ziežmateriālu nevar atjaunot ilgāku laiku).

Politetrafluoretilēns ir viens no labākajiem dielektriķiem, ko izmanto elektrotehnikā, tas izturīgs pat pret Volta loka iedarbību. Politetrafluoretilēns ir irdens, viegli ķepīgs pulveris ar daļēji šķiedrainu struktūru. Karsējot tas nepāriet viskozi tekošā stāvoklī, tāpēc to nevar pārstrādāt ar parastajiem paņēmieniem (liešanu). Izstrādājums iegūst parastā temperatūrā saspiežot pulveri vajadzīgās formas presēs.

No politetrafluoretilēna iegūst plēves, nogriežot tās no presēšanas procesā iegūta bloka, līdzīgi kā iegūst finiera lobskaidu. Izgatavo arī caurules, kaut gan lielas grūtības sagādā iekšējā diametra kalibra saglabāšana.

Politetrafluoretilēnu izmanto ķīmiskajā, pārtikas, dzesēšanas un parfimērijas rūpniecībā izgatavojot dažādas blīves, diskus, gredzenus, cilindrus, izolācijas materiālus.

## Politrifluorhloretilēns

Politrifluorhloretilēnu iegūst iniciatoru (organiskie un neorganiskie peroksīdi, tetraetilsvins) klātbūtnē šķīdumā, emulsijā un suspensijā.

Polimērs istabas temperatūrā nešķīst nevienā organiskajā šķīdinātājā, paaugstinot temperatūru, uzbriest un šķīst benzolā, toluolā, cikloheksānā (114 °C līdz 235 °C).

Politrifluorhloretilēns ir ķīmiski izturīgs pret atšķaidītām un koncentrētām minerālskābēm un organiskajām skābēm, oksidētājiem, sārnu šķīdumiem un organiskajiem šķīdinātājiem. Atkarībā no molekulmasas laba siltumizturība ir līdz 280 °C. Apstarojot ar  $\gamma$  stariem, izdalās hlors un fluors. Mehāniskās īpašības ir atkarīgas no

polimēra kristāliskuma pakāpes, kristāliskie polimēri ir mehāniski izturīgāki.

Politrifluorhloretilēns pārstrādājams lejojot zem spiediena, ekstrudējot, presējot. No šī polimēra izgatavo pārklājumus uz metāla (alumīnija, cinka, niķeļa, tērauda), stikla, porcelāna, keramikas, ogles; iegūst plēves un lokšņu materiālu. Tetrafluoretilēna un trifluorhloretilēna pārstrādes procesā izdalās tetrafluorūdeņradis.

Var būt akūta un hroniska saindēšanās gan ar tetrafluorūdeņradi, gan citiem toksiskajiem polimēra destrukcijas produktiem: difluorfosgēnu, fluorhlorfosgēnu. Ja tiek ieelpoti šie savienojumi, rodas t. s. "teflona drudzis" ar paaugstinātu temperatūru (39 °C līdz 0 °C), rodas kairinājums kaklā, sauss klepus, smaguma sajūta krūtīs, sāpes muskuļos, reibonis, galvassāpes, slikta dūša. Pēc 1–2 dienām šis parādības izzūd bez sekām, un speciāla ārstēšana nav nepieciešama. Var būt arī akūta plaušu tūska. Hroniska saindēšanās izpaužas galvenokārt kā funkcionālas pārmaiņas centrālajā un veģetatīvajā nervu sistēmā. Var attīstīties augšējo elpošanas ceļu gļotādas iekaisums.

### Akrilskābes un metakrilskābes esteru polimēri (akrilāti)

Tehnikā visplašāk tiek izmantoti polimetakrilāts, poliakrilamīds, poliakrilonitrils, polimetilmetakrilāts. Akрилskābes un metakrilskābes esterus polimerizē pēc radikāļu mehānisma blokā, šķīdumā, emulsijā, suspensijā, peroksīdu tipa iniciatoru klātbūtnē, sildot vai UV starojumā.

Visi akrilskābes un metakrilskābes esteru polimēri ir caurspīdīgi, cieti un elastīgi bezkrāsas produkti. Miksti vai lipīgi istabas temperatūrā. Tie ir termoplastiski materiāli, kurus viegli pārstrādāt; amorfi polimēri, kuri nekristalizējas pat stiepjot.

Polimēru šķīdība ir atkarīga no sānu grupas polimēra ķēdē; jo garāka ķēde, jo labāka šķīdība. Polimēri labi šķīst esterose, ketonos, hlorētajos un aromātiskajos ogļūdeņražos. Jo lielāka polimēra molekulmasa, jo sliktāka šķīdība. Akрилpolimēri un metakrilpolimēri ir plastificējami (ar dibutilftalātu, dibutilsebacinātu, trikrezilfosfātu), tie savienojas ar nitrocelulozi, un vinilhlorīda-vinilacetāta kopolimēru.

Poliakrilāti un polimetakrilāti istabas temperatūrā ir ķīmiski izturīgi atšķaidītās skābēs un sārmos, ūdenī, spirtos, taukos, augļu eļļās un minerāleļļās. Polimetakrilātu ķīmiskā izturība labāka nekā poliakrilātiem. Paaugstinoties temperatūrai, ķīmiskā izturība samazinās. Arī termoizturība labāka polimetakrilātiem. Karsējot abu veidu polimērus līdz 250 °C un augstāk, notiek destrukcija:

- poliakrilātiem līdz mazmolekulāriem polimēriem, oglekļa dioksīdam un metilspirtam;
- polimetakrilātiem līdz monomēram – metakrilātam. Šo reakciju izmanto poliakrilātu atkritumu utilizācijai ar atkārtotu izmantošanu jauna polimēra iegūšanai.

Ļoti vērtīga poliakrilmetakrilātu (īpaši polimetilmetakrilāta) īpašība ir to caurspīdīgums un bezkrāsainība. Labas optiskās īpašības unatmosfēras izturība ļauj to izmantot kā organisko stiklu; tas laiž cauri 91 % līdz 92 % redzamās gaismas, 75 % UV staru. Labāk UV starus (100 %) laiž cauri tikai kvarca stikls. Vienīgais ierobežojums polimetilmetakrilāta izmantošanai optikā ir tā zemā virsmas cietība – tas viegli

ieskrāpējams.

Polimēru mehāniskās īpašības ir atkarīgas no spirta radikāļa lieluma poliālkilmetakrilātu esteru grupā; jo lielāks šis radikālis, jo zemāks blīvums, mīkstapšanas temperatūra un cietība.

Poliakrilāti un polimetakrilāti ir elektroizolācijas materiāli, tomēr to plašu izmantošanu elektrotehnikā kavē polimēru zemā termoizturība. No poliakrilātiem un polimetakrilātiem izgatavo loksnes, caurules, dažādus presētus un lietus izstrādājumus, pārklājumus (uz papīra, kartona, auduma), līmes.

## Poliakrilonitrils

Akrilonitrils viegli polimerizējas iniciatoru klātbūtnē (peroksīdi, azosavienojumi) blokā, šķīdumā, emulsijā, suspensijā. Gaisā skābeklis ir akrilonitrila polimerizācijas inhibitors.

Poliakrilonitrils nešķīst parastos šķīdinātājos. Tas šķīst dimetilformanīdā, malonskābes un dzintarskābes dinitrilā, dažu sāļu koncentrētos ūdens šķīdumos (piem., litija bromīda).

Sildot poliakrilonitrils maina krāsu un pilnībā zaudē šķīdību, jo veidojas telpiska struktūra. Termoizturību un ķīmisko izturību var samazināt ievadot stabilizatorus (N-dimetiloksiacetamīdu). Poliakrilonitrilu izmanto šķiedras (līdzīgas vilnai) un dažādu kopolimēru (ar vinilhlorīdu, vinilidenhlorīdu, vinilacetātu u. c.) ražošanā.

## 11.3. Polikondensācijas sveķi

Polikondensācijas sveķus iegūst no fenoliem, aldehīdiem, aminosavienojumiem, diizocianātiem u. c. izejvielām.

### Urīnvielas formaldehīda sveķi

Sveķu izejvielas ir urīnviela un formaldehīds stingri kontrolējamās apstākļos: apstākļi ir vāji sārmaina, neitrāla vai vāji skāba vide un augsta vai zema temperatūra (20 °C līdz 100 °C). Vāji sārmainā un neitrālā vidē iegūst kondensācijas šķīdumus, kas ir mono- un dimetilurīnvielas maisījums ūdenī. Kondensācijas šķīdumu izmanto celulozes šķiedru un koka miltu piesūcināšanai.

Sildot (60 °C līdz 100 °C) neitrālā vai vāji sārmainā vidē, iegūst ūdenī šķīstošus sveķus, kurus izmanto lieto izstrādājumu izgatavošanai. Ja ūdenī šķīstošie sveķi jāuzglabā ilgāku laiku, pievieno 10 % līdz 20 % etilspirta, tad sveķi no ūdens šķīduma neizgulsnējas (pat 5 mēnešus 40 °C temperatūrā). Sausus sveķus iegūt ir samērā grūti, jo nenocietināti urīnvielas formaldehīda sveķi ir hidrofilī, kas viegli absorbē mitrumu un sajaucas ar ūdeni jebkurā attiecībā.

Urīnvielas formaldehīda sveķus izmanto presmateriālu, slāņaino plastikātu, putplastu, līmju un pārklājumu izgatavošanā.

Presmateriālus gatavo no urīnvielas formaldehīda sveķu kondensācijas šķīdumiem, piesūcinot ar tiem celulozes šķiedru, pievienojot krāsvielas un cietinātājus.

Tad materiālu žāvē un sasmalcina; no sasmalcinātā materiāla veido tabletes, no kurām presē izstrādājumus. Slāņainos plastikātus gatavo no urīnvielas formaldehīda šķidrums, piesūcinot ar to papīru, audumu (kokvilnas, azbesta, stikla) vai stikla šķiedru, žāvējot un pēc tam sapsējot piesūcinātās loksnes. Šādu materiālu lieto kā mēbeļu virsmas, sienu apdares materiālus, izmanto radioaparātu korpusu un mūzikas instrumentu izgatavošanai.

No urīnvielas formaldehīda sveķiem izgatavo putuplastu, ko lieto kā vieglu siltuma un skaņas izolācijas materiālu. Putuplasts ir 10 reizes vieglāks par korķi, siltumvadāmība divas reizes mazāka nekā korķim; pievienojot amonija fosfātu, iegūst nedegošu materiālu, kas 200 °C temperatūrā apogļojas, bet neaizdegas.

Urīnvielas formaldehīda līmes var būt pastveida, sīrupveida un pat cietas. Ar tāmlīmē finierskaidu gatavojot finieri. Pievienojot katalizatoru (stipru skābju amonija sāļus, skudrskābi, naftas sulfoskābes), var iegūt līmes, kas cietē istabas temperatūrā. Lakas un krāsas gatavo tikai no modificētiem urīnvielas formaldehīda sveķiem.

Modifikāciju veic:

- esterizējot brīvās metilgrupas ar spirtiem (butilspirtu, heksilspirtu, oktilspirtu);
- savietojot esterificētos sveķus ar citiem sveķiem (epoksīdiem, poliesteriem) un augu eļļām (ricinēļļu).

Šādi modificēti sveķi šķīst spirtā.

### Melamīna formaldehīda sveķi

Melamīns ar formaldehīdu reaģē neitrālā vai vāji sārmainā vidē samērā zemā temperatūrā (40 °C). Sākumā rodas metilatvasinājumi, kuriem reaģējot savā starpā (sildot) veidojas sveķi. Skābā vidē veidojas telpiskas uzbūves nešķīstoši un nekūstoši savienojumi. Melamīna formaldehīda sveķiem ir labāka ūdens un siltumizturība, cietība, spīdums nekā urīnvielas formaldehīda sveķiem. Melamīna formaldehīda sveķus izmanto presmateriālu, slāņaino plastikātu, laku un emalju ražošanai.

Prespulverus gatavo vai nu no tīriem melamīna formaldehīda sveķiem, vai arī izmanto melamīna urīnvielas formaldehīda sveķus. Tehnoloģija tāda pati kā urīnvielas formaldehīda sveķu gadījumā. Prespulveri atšķiras ar lietoto pildvielu (celulozi, azbestu). No tiem gatavo traukus, elektrotehnikas izstrādājumus (slēdzus, telefonu korpusus).

Slāņainos plastikātus gatavo kā plāksnes vai plates, piesūcinot papīru vai audumu. Lakas un emaljas gatavo no modificētiem melamīna formaldehīda sveķiem, kas labi savietojas ar poliesteru sveķiem. Lakas un emaljas ir ar labākām fizikāli mehāniskajām īpašībām nekā urīnvielas formaldehīda sveķu lakas.

### Fenola formaldehīda sveķi

Fenola formaldehīda sveķu izejvielas ir fenols un formaldehīds. Var izmantot arī citus fenolus: krezolu, ksilenolu, rezorcīnu; no aldehīdiem – furfuroļu.

Fenola formaldehīda sveķus iegūst skābu vai sārmainu katalizatoru klātbūtnē. To

veidošanos ietekmē:

- izejvielu ķīmiskā uzbūve;
- fenola un aldehīda molārā attiecība;
- reakcijas vides skābums (pH).

Termoreaktīvos (cietējošus) sveķus var iegūt tikai no trifunkcionāliem fenoliem – fenola, m-krezola; 1,3,5-ksilenola un rezorcīna. Termoplastiskos (necietējošus vai cietējošus speciālu cietinātāju klātbūtnē) sveķus iegūst no difunkcionāliem fenoliem – o- un p-krezola, 1,2,3-, 1,2,5- un 1,3,4- ksilenola. No zināmajiem aldehīdiem tikai formaldehīds un furforols spēj veidot nekūstošus un nešķīstošus sveķus ar trifunkcionāliem fenoliem. Ja fenola un formaldehīda attiecība ir 1:1, veidojas lineāras uzbūves termoplastiskie sveķi; ja šī attiecība ir 2:1, veidojas nekūstoši un nešķīstoši sveķi.

Skābā vidē (pH < 7) veidojas termoplastiski sveķi, sārmainā vidē (pH > 7) pie dažādas fenola un formaldehīda attiecības veidojas tikai termoreaktīvi sveķi; gadījumā, ja nepietiek aldehīda, daļa fenola paliek izšķīdis sveķos tā sauktā “brīvā fenola” vidē, kas, sveķus pārstrādājot vai lietojot, var nonākt gaisā un kaitīgi ietekmēt cilvēka organismu. Termoplastiskos sveķus sauc par novolaka sveķiem, termoreaktīvos – par rezolsveķiem.

Novolaka sveķus iegūst no tri- un difunkcionāliem fenoliem skābā vidē. Parasti fenola formaldehīda attiecība ir 6:5 vai 7:6. Samazinot fenola pārkumu, pat skābā vidē veidojas rezolsveķi. Rezolsveķus – salīdzinoši mazmolekulārus, lineārus un sazarotus produktus – iegūst sārmainā vidē. Rezolsveķus sildot, tie pakāpeniski veido rezistolus un pēc tam rezītus, kas satur šķērssaites (cietē). Rezistolos šķērssaišu ir maz un tās ir vājas, tās tiek sagrautas šķīdinātāju iedarbības rezultātā (tikai tādu šķīdinātāju, kuru viršanas temperatūra ir augstāka par 100 °C). Šādi šķīdinātāji ir cikloheksanons, dioksāns, n-butanols. Pilnīgi nocietināti sveķi – rezīts – satur daudz šķērssaišu.

Novolaka sveķi pārvēršas rezolsveķos papildu apstrādē ar formaldehīdu skābā vidē, rezolsveķi pārvēršas novolaka sveķos, veicot papildu apstrādi ar fenolu skābā vidē. Novolaka sveķi ir no gaiši līdz tumši brūnā krāsā. Atkarībā no katalizatora rezolsveķu krāsa ir no gaiši dzeltenas līdz sarkanīgai:

- ar organiskajiem amīniem iegūst dzeltenus sveķus;
- ar nātrija hidroksīdu – sarkanīgus sveķus.

No fenola aldehīda sveķiem izgatavo plastmasas, ko sauc par fenoplastiem. To sastāvā bez sveķiem (polimēra) ir arī citi komponenti: pildvielas, plastifikatori, krāsvielas u. c. Fenoplastus pārstrādā galvenokārt presējot. Atkarībā no izmantotās pildvielas, presmateriālus iedala:

- pulverveida (prespulveri);
- šķiedraini;
- graudaini;
- eļļaini.

Pulverveida materiālu pildviela ir koksnes milti, retāk iššķiedras azbests, vizla, kvarca milti u. c. Prespulverus iedala:

- pulveri tehniskiem un sadzīves izstrādājumiem;
- pulveri elektroizolācijas izstrādājumiem;
- pulveri speciālām vajadzībām ar paaugstinātu ūdens un termoizturību.

Prespulverus izgatavo gan no novolaka sveķiem, gan rezolsveķiem. Šķiedrainos presmateriālus izgatavo no rezolsveķiem par pildvielu lietojot kokvilnas celulozi. Graudainos presmateriālus izgatavo no rezolsveķiem par pildvielu lietojot dažādu audumu, papīra, koksnes gabaliņus (graudiņus). Slāņainos presmateriālus izgatavo lielu plākšņu, cauruļu, stieņu vai profilizstrādājumu veidā. Slāņus veido piesūcināts kokvilnas audums, azbesta audums, papīrs, koksnes lobskaida, stikla audums vai stikla šķiedra.

Bez pildvielām fenoplastu sastāvā vēl ietilpst:

- cietinātāji (urotropīns, kaļķi – kā novolaka sveķos, tā arī rezolsveķos);
- ziežvielas (oleīnskābe, stearīns, kalcija vai cinka stearāts). Ziežvielas atvieglo presmateriāla tabletēšanu un novērš izstrādājumu pielipšanu formai;
- krāsvielas (organiskās, neorganiskās – pigmenti).

Fenola formaldehīda sveķi izmantojami limju ražošanai, tie labi līmē koksni, metālu, plastmasas, stiklu, porcelānu, keramiku. Līmēm ir laba izturība, mitruma un dažādu sēnīšu izturība. Trūkums ir to trauslums, tādēļ līmes gatavo savietojot fenola formaldehīda sveķus ar urīnvielas formaldehīda, epoksīda vai polivinilacetāta sveķiem.

Novolaka sveķus izmanto, lai izgatavotu spirtā šķīstošas lakas un eļļas lakas. Eļļas lakas izgatavo tikai no modificētiem novolaka sveķiem, kuros hidroksilgrupas ir esterificētas (ar kolofonija sveķskābēm).

Rezolsveķus lieto tikai spirta laku ražošanai; ar tām var piesūcināt dažādas pildvielas vai arī iegūt pārklājumus (bakelīta lakas). Fenola formaldehīda ražošanas un pārstrādes procesā var novērot dažādu vielu kaitīgu iedarbību uz cilvēka organismu:

- formaldehīdam ir izteikti kairinoša iedarbība (sk. nodaļu par formaldehīdu);
- fenolam arī ir kairinoša iedarbība. Akūtas saindēšanās gadījumā cietušajam ir acu un augšējo elpošanas ceļu kairinājuma un vispārējas saindēšanās pazīmes (nespēks, uzbudinājums, galvassāpes, reibonis). Hroniska saindēšanās izraisa pārmaiņas nervu sistēmā, kuņģi un zarnu traktā, smagākos gadījumos A, C hepatītu (skartas aknas).

Ilgstoši iedarbojoties, fenoplastu putekļi var izraisīt augšējo elpošanas ceļu iekaisumu un putekļu bronhītu. Novērotas arī alerģiskas slimības – alerģiskais dermatīts, ekzēma un bronhiālā astma.

#### 11.4. Poliamīdi

Poliamīdiem pieskaitāmi daudzi dabīgie (olbaltumvielas) un sintētiskie polimēri (aminokarbonskābju amīdu polimēri, poliakrīlskābes un polimetakrīlskābes amīdi u. c.). Galvenajā ķēdē poliamīdi satur amīdu grupu. Izejvielas poliamīdu iegūšanai ir aminoskābes (amīna kapronskābe, aminoundekānskābe, aminopentānskābe) diaksīni (heksametilēndiamīns) un dikarbonskābes (adipīnskābe, sebacīnskābe).

Poliamīdus iegūst, kondensējot bifunkcionālas izejvielas, kas satur amīnu grupu ( $-NH_2$ ) un karboksilgrupu ( $-COOH$ ), reakcijā izdalās ūdens, kas jāaizvāc no reakcijas ķēdes, lai iegūtu lielmolekulāru polimēru. Vienas bifunkcionālas izejvielas pārākums reakcijā samazina polimēra molekulmasu, tāpat reakcijā darbojas arī monofunkcionāla savienojuma klātbūtne. Monofunkcionālos savienojumus sauc par regulatoriem, jo tie var regulēt polimēra molekulmasu. Izmantojot vairākus funkcionālos (dažādus) savienojumus, var iegūt kopolikondensātus. Sākotnēji poliamīdus ieguva, veicot polikondensāciju augstā temperatūrā, pie augsta spiediena kausējumā vai šķīdumā. Tagad vairāk izmanto polikondensāciju uz divu fāžu robežvirsmas istabas temperatūrā.

Pēdējā laikā poliamīdus iegūst arī polimerizējot – izmantojot amīnu polimerizāciju no  $\epsilon$ -kaprolaktama sārmainu katalizatoru klātbūtnē iegūst kapronu. Poliamīdi ir cieti, necaurspīdīgi, baltas līdz gaiši dzeltenas krāsas produkti.

Poliamīdi ir izturīgi ūdenī, arī sārmi tos maz ietekmē; skābes (īpaši minerālskābes) tos hidrolizē. Destrukciju izraisa oksidētāji (slāpekļskābe, ūdeņraža peroksīds, permanganāta šķīdums), balinātāji (īpaši brīvu hlora saturošie), kā arī UV stari (arī saules gaisma). Samazinās poliamīdu mehāniskā izturība, tie kļūst trausli.

Lielāko daļu poliamīdu izmanto šķiedru izgatavošanā. No poliamīdu šķiedras ražo zeķes, veļu, apģērbu un mēbeļdrānu. Poliamīdu šķiedras ir vieglas, izturīgas, ar labu izskatu. Gatavo arī tehniskos audumus – filtraudumus, zvejas tīklus, virves, troses, riepju kordu, maisus, pievadsiksnas, konveijeru lentes.

Viena no vērtīgākajām poliamīdu īpašībām ir to mazā berzes pretestība, tāpēc tos var izmantot kā antifrikcijas izstrādājumus: gultņus, šarnīrsavienojumu detaļas, zobbrutus, virzuļus, dažādas mašīnu detaļas (aušanas un vērpsšanas mašīnām), elektroizolācijas materiālus; gatavo arī plēves, limes un lakas.

Ražojot poliamīdus darba telpu gaisā var izdalīties kaprolaktama, heksametilēndiamīna vai citu izejvielu tvaiki un aerosoli. Šīs vielas iedarbojas uz organismu kairinoši un vispārtoksiski, kā arī var izraisīt hronisku saindēšanos. Saindēšanās gadījumā rodas nogurums, galvassāpes, nervozitāte, slikts miegs un ēstgriba, pastiprinās svīšana; novērotas sāpes sirds apvidū, aknu un kuņģa darbības traucējumi.

## Poliuretāni

Poliuretāni ir poliizocianātu un polispirtu reakcijas produkti. Galvenokārt tiek izmantoti di- un tri- izocianāti – heksametilēndiizocianāts, 2,4- toluēndiizocianāts.

Savienojumi, kas satur izocianātgrupu  $-N=C=O$ , ir ļoti reakcijas spējīgi un strauji reaģē ar ūdeni, spirtiem, amīniem, karbonskābēm, fenoliem un citiem savienojumiem, kas satur kustīgu ūdeņraža atomu. Var iegūt lineāras uzbūves poliuretānus (ja izejvielās ir ne vairāk kā 2 funkcionālas grupas), piemēram, no diizocianātiem un glikoliem. Ja funkcionālo grupu ir vairāk (trifenilmetāntriizocianāts), iegūst telpiskas uzbūves poliuretānu. Nekūstošus poliuretānus iegūst no hidroksilgrupas saturošiem savienojumiem, diizocianātiem un ūdens. Reakcijas laikā (sildot) izdalās ogļskābe, kas uzputo reakcijas maisījumu, pēc sacietēšanas ir iegūts telpiskas struktūras putuplasts.



Spirtu vietā kā vienu no izejvielām var lietot poliesterus, kas iegūti no dikarbonskābēm, glikoliem ar trīsvērtīgu spirtu piedevu.

Poliuretānus, kas iegūti no poliesteriem un diizocianātiem (galvenokārt toluēndiizocianāta,) izmanto laku, līmju, elastomēru ražošanā. Poliuretānus var cietināt, sildot skābes klātbūtnē ar formaldehīdu. Poliuretāniem ir ļoti laba atmosfēras izturība, tie ir izturīgi pret gaisa skābekļa un ozona iedarbību. Termoizturība ir mazāka nekā poliamīdiem. Temperatūrā virs 220 °C poliuretāni lēni sadalās līdz izejvielām.

No poliuretāniem gatavo arī šķiedras, presmateriālu un divu veidu putuplastu:

- cietus un šķidrus,
- elastīgus.

Cietos putupoliuretānus lieto lidmašīnu un kuģu būvniecībā; tos var zāgēt, štancēt, virpot, griezt. Tie ir izturīgi pret verdoša ūdens, benzīna, petrolejas, glicerīna, sāļu ūdens šķīdumu iedarbību. Poliuretāni viegli mazgājami ar ziepjūdeni, tos nebojā kodes un dažādas baktērijas.

Elastīgos putupoliuretānus izmanto kā izolācijas materiālu un kā elastīgu amortizējošu materiālu, kas saglabā elastību temperatūrā no -25 °C līdz +110 °C. Poliesteriem reaģējot ar diizocianātiem, var iegūt kaučukveida poliuretānus, kurus vulkanizējot iegūst gumiju. Šādas gumijas ir izturīgākas pret oksidētājiem, eļļām, naftu, aromātiskajiem ogļūdeņražiem, tām ir ļoti laba berzes izturība.

Izmantojot polifunkcionālus materiālus un poliesterus, iegūst līmes, kurām ir ļoti laba adhēzija (labi līmē) pret papīru, koku, stiklu, metāliem, plastmasām.

No etilēnglikola, adipīnskābes un ftāliskābes iegūst poliuretānus, kas izmantojami papīra, ādas, koksnes, plastmasas un metāla pārklājumiem. Šos poliuretānus var modificēt ar augu eļļām, tādējādi iegūstot eļļas krāsas.

Ražojot poliuretānus un pārstrādājot bioloģiski aktīvās vielas, uz cilvēka organismu iedarbojas izocianāti, kuriem ir kairinoša un sensibilizējoša iedarbība. Akūtas saindēšanās gadījumā rodas acu un augšējo elpošanas ceļu kairinājums – akūts konjunktivīts, iesnas, bronhīts ar astmas pazīmēm, toksiskā pneimoniya. Hroniska saindēšanās izraisa iekaisumu augšējos elpošanas ceļos, pārmaiņas nervu sistēmā, traucējumus sirdsdarbībā un zarnu traktā, smagos gadījumos tiek skartas aknas (toksiskais hepatīts) un asinsrades sistēma.

## Epoksīdsveķi

Epoksīdsveķu molekulā ir epoksīdu grupas  $-\text{CH}-\text{CH}-$ .



Tos iegūst no epihlorhidrīna un savienojumiem, kas satur divas vai vairākas grupas ar kustīgiem ūdeņraža atomiem (polispirti, poliamīni, fenoli u. c.). Atkarībā no tā, kādās attiecībās ņemtas izejvielas, iegūst dažādus sveķus – no viskoziem šķīdumiem līdz cietiem produktiem. Vienlaikus ar pievienošanās reakcijām notiek arī polimerizācija.

Parasti epoksīdsveķus iegūst sārmainā vidē (nātrija hidroksīds, kālija hidroksīds, bārija hidroksīds), jo skābā vidē makromolekulas galos paliek hlorhidrīna grupas, tādēļ ir nepieciešama dihidrohlorēšana. Tāpat reakcija notiek arī alumīnija, alvas,

antimona un bora trifluorīda klātbūtnē.

Nenocietinātie epoksīdsveķi ir garas poliesteru ķēdes, kurās hidroksilgrupas atrodas samērā lielā attālumā cita no citas. Makromolekulu galos ir epoksīdu grupas. Gan hidroksilgrupas, gan epoksīdu grupas var reaģēt ar veselu virkni vielu. Atkarībā no šo vielu funkcionalitātes var iegūt:

- modificētus termoplastiskus sveķus;
- nocietinātus, nešķīstošus un nekūstošus sveķus.

Kā cietinātājus var izmantot polispirtus, amīnus, dikarbonskābju anhidrīdus, poliamīdus, fenola formaldehīda sveķus, urīnvielas formaldehīda sveķus.

No dioksifenolpropāna iegūtie nenocietinātie epoksīdsveķi ir dzelteni līdz bronzas krāsas viskozi šķidrums vai pat cietas, trauslas vielas. Tie labi šķīst ketonos, esteros, dioksānā, hlorbenzolā, cellosolvē. Molekulāros sveķus vislabāk izmantot kā līmes, lakas un slāņaino plastikātu piesūcināšanas līdzekli.

Nocietinātie epoksīdsveķi ir elastīgāki nekā nocietinātie fenola formaldehīda sveķi. Tie nav poraini (cietināšanas procesā neizdalās mazmolekulāras vielas), ar labu adhēziju pret dažādiem materiāliem (keramiku, stiklu, koku, metāliem, plastmasām). Līmējot ar epoksīda sveķiem var panākt tādu pašu efektu, vai pat labāku, kā lodējot, metinot, kniedējot.

Epoksīdu sveķos var ievadīt pildvielas – silīcija dioksīdu; stikla šķiedras; alumīnija, cinka, titāna oksīdu; azbestu; dzelzs pulveri (100 % līdz 200 % no sveķu masas). Pildvielas uzlabo līmes termoizturību. Ir divu tipu epoksīdu līmes:

- aukstās cietināšanas;
- karstās cietināšanas (140 °C līdz 180 °C).

Lietās detaļas izgatavo un dažādus materiālus piesūcina ar epoksīdu kompozīcijām, kas satur epoksīdsveķus, cietinātāju (poliamīnu, anhidrīdu), reakcijas spējīgu šķīdinātāju, pildvielas un plastifikatorus. Slāņainos plastikātus izgatavo, stikla audumu (stiklotekstolīts) piesūcinot ar epoksīdu sveķiem; lieto trīs tehnoloģiskus paņēmienus:

- sausais – audumu piesūcina ar sveķu šķīdumu;
- slapjais – audumu piesūcina ar šķīdriem sveķiem;
- ar kausējumu – audumu piesūcina ar izkausētiem sveķiem.

Visplašāk izmanto pirmo paņēmieni. Otro lieto lielgabarīta detaļu (cauruļu, stieņu) izgatavošanai; trešo – lielgabarīta detaļu (cauruļu, cisternu) izgatavošanai.

Pārklājumu (gruntis, lakas, emaljas) gatavo no cietiem epoksīdiem, savietojot tos ar fenolu, urīnvielas formaldehīda sveķiem, poliamīda sveķiem vai esterificējot ar žūstošo eļļu taukskābēm.

## 11.5. Poliesteri

Poliesteru makromolekula satur poliesteru (–CO–O–) grupu. Praksē svarīga nozīme ir nepiesātinātajiem poliesteriem, kas ir samērā mazmolekulāru (olgomēri) di- un poli- funkcionālu skābju un spirtu polikondensācijas produkti. No spirtiem plašāk izmanto etilēnglikolu, dietilēnglikolu, propilēnglikolu, dipropilēnglikolu, gli-

cerīnu, pentaeritritu, alilspirtu, dioksifenilpropānu; no skābēm – ftāliskābi, tereftāliskābi, adipīnskābi, sebacīnskābi, metakrilskābi, maleīnskābi.

Poliestera veidošanās reakcijas ietekmē:

- skābes un spirta funkcionālo grupu skaits;
- skābes un spirta molekulas lielums un uzbūve;
- skābes un spirta īpašības (spēja polimerizēties, oksidēties u. c.).

No dikarbonskābēm un divvērtīgiem spirtiem veidojas lineāras uzbūves dažāda garuma polimēru ķēžu maisījums. Ja kaut viena komponenta funkcionālo grupu skaits ir lielāks par divi, veidojas telpisks polimērs.

## Lineārie poliesteri

No lineāro poliesteru klāsta praktiska nozīme ir etilenglikola un ftāliskābes, adipīnskābes, sebacīnskābes un tereftāliskābes, kā arī ogļskābes un aromātisko dioksivienojumu poliesteriem. Svarīgākie ir polietilēntalāts un polietilēntetralāts.

Polietilēntalāts šķīst cikloheksanonā, acetonā, spirta un benzola maisījumā. To izmanto kā polivinilhlorīda plastifikatoru. Polietilēntereftalāts parastos šķīdinātajos nešķīst, tas šķīst fenolā, difenilā, naftalīnā, nitrobenzolā un koncentrētā sērskābē. No polietilēntereftalāta gatavo plēves un šķiedras ar labu ķīmisko izturību. Var iegūt ļoti dažāda biezuma plēves: no 10 μm līdz pat 1000 nm. Plēvēm ir labas mehāniskās un dielektriskās īpašības plašā temperatūras intervālā (no -20 °C līdz +80 °C). Plēves ir caurspīdīgas, laiž cauri līdz 90 % redzamās gaismas, tādēļ tās bieži lieto stikla vietā.

Poliesteru šķiedras ražo gan kā nepārtrauktu diegu, gan kā vīstru (vērpata šķiedra – štāpeļšķiedra). Galvenā polietilēntereftalāta šķiedras īpašība ir iespēja tās mehāniskās īpašības mainīt ļoti plašā diapazonā. Šķiedra līdzīga vilnai un acetātzīdam. No šīs šķiedras gatavo tehniskos audumus (filtraudumus), zvejas tīklus, virves, pārvad-siksnas, ugunsdzēsēju šļūtenes, audumus spectēriem, kordaudumus riepām, kā arī audumus apģērbim un aizkariem, mēbeļu audumus.

## Alkīdsveķi

Alkīdsveķi ir ftāliskābes anhidrīda un daudzvērtīgo spirtu reakcijas produkti. Ja izmanto glicerīnu, iegūst gliftālsveķus, ja pentaeritritu – pentālsveķus. Gliftāli labi šķīst acetonā, spirtos, esteros, cikloheksanonā, benzola un spirta maisījumā.

Gliftālus modificē ar:

- kolofoniju, panākot labāku gliftālu savietojamību ar augu eļļām, labāku pārklājuma plēves spīdumu un cietību;
- nepiesātinātām taukskābēm, iegūstot lielāku gliftālu žūšanas ātrumu (pie 18 °C līdz 20 °C);
- garu ķēžu piesātinātām taukskābēm, lai palielinātu plēves termoizturību.

Pentofālsveķiem ir lielāka cietība, bet tie ir trauslāki, tādēļ tos tīrā veidā nelieto, bet modificē ar:

- augu eļļām;
- augu eļļu taukskābēm.

Modificētajiem pentaftāliem salīdzinājumā ar modificētajiem gliftāliem ir šādas labākas īpašības:

- lielāks žūšanas ātrums;
- labākas mehāniskās īpašības;
- plēvēm ilgāks kalpošanas laiks.

## Nepiesātinātie poliesteri

Nepiesātinātie poliesteri satur nepiesātinātās grupas:  $-\text{CH}=\text{CH}-$ ;  $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-$ ;  $\text{CH}_2=\text{CH}-$ ;  $\text{CH}_2=\text{C}=\text{C}-$ ;  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-$ . Šīs grupas peroksīdu tipa iniciatora klātbūtnē var reaģēt ar reaģētspējīgu monomēru (visbiežāk stirolu), veidojot telpisku polimēru (cietē).

Teorētiski nepiesātinātie poliesteri iegūstami no ļoti liela skaita bifunkcionālu savienojumu. Praktiska nozīme ir izejvielām, no kurām var iegūt lineāras uzbūves nepiesātinātos poliesterus. No skābēm tās ir maleīnskābe, fumārskābe, ftālskābe, adipīnskābe, sebacīnskābe, akrilskābe, metakrilskābe. No spirtiem – etilenglikols, dietilenglikols, propilenglikols, dipropilenglikols, alilspirts. Praktiski izmantojamu nepiesātināto poliesteru sastāvā ietilpst:

- lineāras uzbūves poliesteris;
- mazmolekulāri nepiesātināti savienojumi (monomēri);
- iniciatori un paātrinātāji;
- inhibitori (hidrohinons), lai polimerizācija nenotiktu uzglabājot;
- pildvielas (stikla, kokvilnas, azbesta, poliamīda šķiedras), lai palielinātu izstrādājuma stiprību;
- pigmenti un krāsvielas. Krāso gan masu, gan no virspuses.

Nenocietināti nepiesātinātie poliesteri var būt zemas, vidējas un augstas viskozitātes. Augsti viskozos sveķus var uzklāt uz virsmām, no kurām zemas viskozitātes sveķi notek. Viskozitāti var palielināt, ievadot tiksotropas piedevas (koloidāls silīcija oksīds), kas poliestērī veido mazkustīgu gēlveida struktūru. Tiksotropās piedevas bieži vien izmanto audumu (stikla audumu) piesūcināšanai. Uzklāšanas laikā īslaicīgi samazinās viskozitāte, sveķi labi un dziļi iesūcas audumā, pēc tam viskozitāte pieaug un pārklājums vairs nenotek.

Nocietināti nepiesātinātie poliesteri ir vai nu caurspīdīgi vai necaurspīdīgi materiāli. Caurspīdīgie materiāli laiž cauri aptuveni 92 % redzamās gaismas. Nocietināti nepiesātinātie poliesteri ir izturīgi pret neoksidējošu skābju, polāru šķīdinātāju, skābo un neitrālo sāļu šķīdumu iedarbību. Tie nav izturīgi pret sārnu, ketonu, hlorēto ogļūdeņražu un karstu skābju iedarbību.

Šo polimēru negatīvās īpašības ir samērā lielais sarukums (7 % līdz 8 %), nelielā termoizturība un degamība. Nepiesātinātos poliesterus izmanto lakās, krāsās, limēs; ražo slāņainos plastikātus, liešanas kompozīcijas, prespulverus.

## 11.6. Elastomēri

Elastomēri ir gan dabā sastopami, gan arī sintētiskie polimēri, kam piemīt liela elastība. Dabīgais elastomērs ir dabīgais kaučuks.

### Sintētiskie kaučuki

Sintētiskos kaučukus iegūst polimerizācijas vai kopolimerizācijas procesā no monomēriem: divinila, hloroprēna, izobutilēna, stirola, vinilhlorīda u. c. Butadiēn-kaučuku iegūst, polimerizējot divinilu (1,3- butadiēnu). To izmanto dažādu gumijas izstrādājumu ražošanai. Ražojot šo kaučuku, gaisā var būt 1,3- butadiēna, spirtu, aldehīdu, acetona, dietilestera un oglekļa oksīda tvaiki.

Hroniskas saindēšanās gadījumā attīstās acu un augšējo elpošanas ceļu iekaisums, parādās novirzes nervu sistēmas darbībā, neirastēnija un histērija. Novēroti sirds darbības traucējumi; eksperimentos ar dzīvniekiem pierādīta butadiēna kancerogēnā iedarbība.

Butadiēnnitrilkaučuku iegūst, kopolimerizējot 1,3- butadiēnu ar akrilonitrilu, kuru tvaiki var atrasties darba vides gaisā. Hroniskās iedarbības rezultātā veidojas acu un augšējo elpošanas ceļu iekaisums, aknu funkciju traucējumi, tiek skarta nervu sistēma.

Izoprēnkaučuku iegūst, polimerizējot izoprēnu. Ja notikusi akūta saindēšanās ar izoprēnu, rodas acu un augšējo elpošanas ceļu kairinājums, kā arī vispārējas saindēšanās simptomi – nespēks, miegainība un galvassāpes.

Hloroprēnkaučuku iegūst, polimerizējot hloroprēnu. Hloroprēns akūtas saindēšanās gadījumā izraisa acu un augšējo elpošanas ceļu kairinājumu, pie lielas koncentrācijas iestājas narkotiska iedarbība.

Hroniskas saindēšanās gadījumā notiek pārmaiņas arī centrālajā nervu sistēmā, kuņģī un zarnu traktā, aknās, nierēs.

## 11.7. Plastmasas rūpniecība Latvijā un Eiropā

Eiropā plastmasas rūpniecība nodrošina darbu vairāk nekā 1,56 miljoniem cilvēku nozarē ar vairāk nekā 55 000 uzņēmumu. 2018. gadā Eiropā pārstrādei tika savākti 9,4 miljoni tonnu plastmasas pēcpatēriņa atkritumu (ES un ārpus tās). 2019. gadā Eiropas plastmasas rūpniecības apgrozījums bija vairāk nekā 350 miljardu eiro apmērā un tā ieguldīja valsts finansēs un labklājībā 28,5 miljardus eiro. 2019. gadā nozare ieņēma 7. vietu Eiropā pēc rūpnieciskās pievienotās vērtības ieguldījuma un tai bija pozitīva tirdzniecības bilance 13,1 miljarda eiro apmērā. Tas ir vienā līmenī ar farmācijas nozari un ļoti tuvu ķīmiskajai rūpniecībai.

2019. gadā pasaules plastmasas ražošanas apjoms sasniedza gandrīz 370 miljonus tonnu, no tām Eiropā – gandrīz 58 miljonus tonnu. Eiropas (EU28+NO/CH) plastmasas pieprasījuma sadalījums pa segmentiem 2019. gadā var klasificēt attiecīgi:

- 1) dažāda veida iepakojumi (39,6 %);
- 2) būvniecības un konstrukciju materiāli (20,4 %);

- 3) automobiļu rūpniecība (9,6 %);
- 4) elektronika (6,2 %);
- 5) mājsaimniecības preces, brīvā laika un sporta ekipējums (4,1 %);
- 6) agrokultūras materiāli (3,4 %);
- 7) pārējie, iekļaujot dažādas ierīces, mēbeles, medicīnas ierīces u. c. (16,7 %).

21. tabula

**Polimēri un to lietojums**

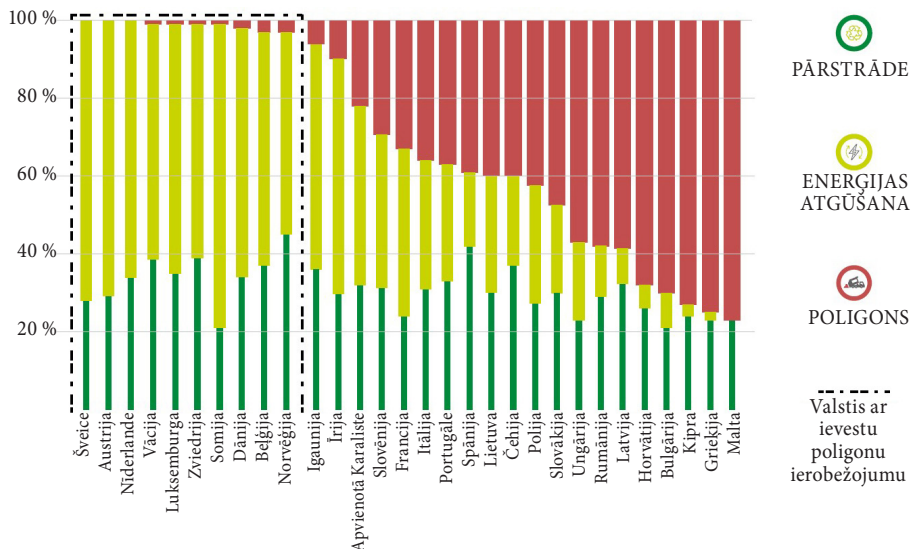
Polimērs	Pieprasījums	Lietojums
PP	19,4	Pārtikas iepakojums, saldumu un uzskodu iesaiņojuma papīrs, veramie vāciņi, mikroviļņu trauki, caurules, automašīnu detaļas, banknotes
PE-LD/PE-LLD	17,4	Atkārtoti lietojami maisiņi, paplātes un konteineri, lauksaimniecības plēve, pārtikas iepakojuma plēve
PE-HD/PE-MD	12,4	Rotaļlietas, piena pudeles, šampūnu pudeles, pīpes, mājsaimniecības piederumi
PVC	10	Logu rāmji, profili, grīdas un sienu segumi, caurules, kabeļu izolācija, dārza šļūtenes, piepūšamie baseini
PUR	7,9	Ēku siltināšana, spilveni un matračī, izolācijas putas ledusskapjiem
PET	7,9	Pudeles ūdenim, bezalkoholiskajiem dzērieniem, sulām, tīrīšanas līdzekļiem
PS + EPS	6,2	Pārtikas iepakojums (piens, zivju produkti), ēku izolācija, elektriskās un elektroniskās iekārtas, ledusskapju iekšējais apvalks, briļļu rāmji
Citi	18,8	Rumbas vāciņi automašīnu riteniem, optiskās šķiedras, briļļu lēcas, jumta seguma loksnes, skārienkrāni (PMMA), telekomunikāciju kabeļa pārklājums (PTFE), daudzi citi aviācijas jomā, medicīniskie implantanti, ķirurģiskās ierīces, membrānas, vārsti un blīves, aizsargpārklājumi

2018. gadā ES28+NO/CH pārstrādei tika savākts 29,1 miljons tonnu plastmasas atkritumu. Plastmasas atkritumu eksports ārpus ES no 2016. līdz 2018. gadam ir samazinājies par 39 %. No savāktajiem 29 miljoniem tonnu atkritumu Eiropā vidēji 42 % tiek izmantoti enerģijas ieguvei, 32 % pārstrādā ar dažādām metodēm un 25 %, diemžēl, vienkārši izgāž atkritumu poligonos. Kopš 2006. gada pārstrādei nosūtīto plastmasas atkritumu apjoms ir divkāršojies, tomēr 2018. gadā 25 % plastmasas pēcpatēriņa atkritumu joprojām tika nosūtīti uz poligonu.

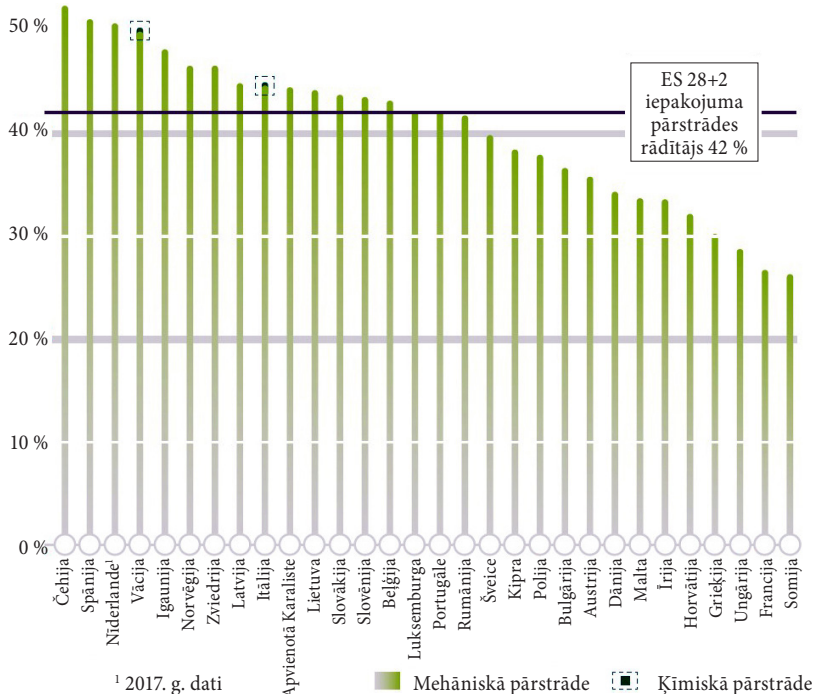
1. attēlā redzams, ka vidējais plastmasas atkritumu pārstrādes līmenis Eiropā ir apmēram 30 %, pozitīvi ir tas, ka Latvija arī iekļaujas šajā līmenī. Toties negatīvais mūsu valsts atkritumu pārstrādes nozarē ir tas, ka vēl joprojām gandrīz 60 % plastmasas atkritumu tiek vienkārši uzglabāti poligonos. Visiem labi zināms, ka plastmasas izstrādājumi vidē sadalās vairāku simtu gadu laikā, turklāt bieži vien veidojot mikroskopiskas polimēru daļiņas, ko sauc par mikroplastmasu, kas spēj uzkrāties ūdenī, augsnē, līdz ar to arī pārtikas produktos un arī to patērētājos.

Lielu daļu ikdienas plastmasas atkritumu veido sadzīves priekšmetu vai pārtikas produktu iepakojums. Jaunajā Direktīvā (ES) 2019/852 par Iepakojumu un iepakojuma atkritumiem ir noteikti augstāki pārstrādes mērķi katram materiālam (piemēram, 50 % plastmasas iepakojumam līdz 2025. gadam un 55 % līdz 2030. gadam).

Plastmasas iepakojuma atkritumu pārstrādes rādītāji Eiropā svārstās no 26 % līdz 52 %. Šo plašo diapazonu var izskaidrot ar atšķirībām savākšanas shēmās, pieejamajā infrastruktūrā un patērētāju uzvedībā.



1. att. Plastmasas atkritumu pārstrāde Eiropā un Latvijā.



2. att. Plastmasas iepakojuma pārstrāde Eiropā un Latvijā, 2018. gads.

Pārstrādes galvenos posmus var raksturot šādi:

- 1) nolietotu plastmasas izstrādājumu savākšana no atsevišķām un jauktām atkritumu plūsmām, piemēram, no atsevišķi šķirotiem vai nešķirotiem atkritumiem;
- 2) atkritumu šķirošana pēc materiāla veida (plastmasa, alumīnijs, skārds, kartons, papīrs utt.), pēc tam pēc polimēra veida;
- 3) plastmasu sasmalcināšana mazākos gabaliņos;
- 4) sasmalcinātās plastmasas mazgāšana, lai atbrīvotu no putekļiem un netīrumiem;
- 5) plastmasas atkārtota šķirošana pirms nosūtīšanas uz ekstrūziju;
- 6) plastmasas pārslu pārvēršana viendabīgās granulās, kas ir gatavas lietošanai jaunu produktu ražošanai. Šādi pārstrādātus polimērus dēvē arī par reciklātiem.

Latvijā lielākais plastmasas iepakojumu pārstrādātājs ir uzņēmums “PET Baltija”, kas pārstrādā bezkrāsainas un krāsainas PET pudeles, kā arī PP/PE pudeļu korķus. Uzņēmumā PET pudeļu pārstrādes jauda var sasniegt 60 000 tonnu gadā. Pie gataviem produktiem pieskaitāmas dažādu krāsu pārslas – caurspīdīgas, zaļas, krāsainas pārslas, kā arī par granulām pārkausētas iepriekš sagatavotās pārslas.



## 12. POLIMĒRU BĪSTAMĪBA UN APSAIMNIEKOŠANAS STRATĒGIJAS

Plastmasa ir plašs sintētisku vai daļēji sintētisku materiālu klāsts, kuru galvenā sastāvdaļa ir polimēri. To plastiskums ļauj plastmasu veidot un presēt dažādu formu cietos priekšmetos. Šī pielāgošanās spēja, kā arī plašs citu īpašību klāsts, piemēram, vieglums, izturība, elastība un lēta ražošana, ir veicinājis tās plašu izmantošanu. Mūsdienās lielāko daļu plastmasas iegūst no fosilā kurināmā ķīmikālijām, piemēram, dabasgāzes vai naftas; tomēr jaunākās rūpnieciskās metodes izmanto arī atjaunojamus dabas resursus, piemēram, kukurūzas vai kokvilnas atvasinājumus.

Plastmasa ir sintētisks organisks polimērs, kas izgatavots no naftas, tā īpašības ir ideāli piemērotas dažādam lietojumam, tostarp: iepakojšanas materiāliem, celtniecībā, mājsaimniecībā un sporta aprīkojumos, transportlīdzekļos, elektronikā un lauksaimniecībā. Plastmasa ir ārkārtīgi daudzveidīga ķīmiskā sastāva, īpašību un iespējamā lietojuma ziņā, tā ir plaši izplatīta sabiedrībā un vidē. Pēdējo 15 gadu laikā globālā gada produkcija ir dubultojusies, 2020. gadā sasniedzot 367 miljonus tonnu. Vairākas plastmasas ražošanā izmantotās ķīmiskās vielas ir bīstamas cilvēku veselībai un videi. Šīs ķīmiskās vielas un to noārdīšanās produkti var izdalīties plastmasas izstrādājumu dzīves cikla laikā. Plastmasas polimēri netiek uzskatīti par toksiskiem, taču plastmasas izstrādājumos var saglabāties neizreagējuši atlikumi, polimerizācijas ķīmiskās vielas, sadalīšanās produkti un piedevas, kam ir toksiskas īpašības.

Plastmasu ražo ķīmiskajās rūpnīcās, polimerizējot to izejmateriālus (polimēra monomērus). Plastmasa netiek pārdota kā tīra viela, bet gan ražošanas procesā tiek sajaukta ar dažādām ķīmiskām vielām un citiem materiāliem jeb piedevām – stabilizatoriem, plastifikatoriem un krāsvielām, kuru mērķis ir uzlabot gala izstrādājuma kalpošanas laiku, lietojumu, apstrādājamību un izskatu.

Plastmasas ražošanas industrijā dominē termoplastiskais polipropilēns (21 %), zema blīvuma polietilēns (18 %), polivinilhlorīds (17 %) un augsta blīvuma polietilēns (15 %). Cita veida plastmasas, kam ir liels pieprasījums, ir polistirols (8 %), polietilēntereftalāts, PET (7 %) un termoreaktīvais plastmasas poliuretāns (6 %). Eiropā plastmasa galvenokārt tiek lietota iepakojuma ražošanā (38 %), tam seko celtniecība (21 %), automobiļu būvniecība (7 %), elektronika (6 %) un citas nozares (28 %) – medicīna, izglītība u. c.

Patēriņš, protams, rada atkritumus, un plastmasas gadījumā rodas liels daudzums īpaši noturīgu atkritumu. Turklāt puse no pasaulē saražotās plastmasas tiek izmantota vienreiz lietojamu priekšmetu, piemēram, iepirkumu maisiņu, krūzīšu un salmiņu, ražošanai. Tikai neliels daudzums plastmasas, ko mēs katru dienu izmetam, tiek pārstrādāts vai sadedzināts atkritumu pārstrādes iekārtās. Liela daļa no tā nonāk poligonos, kur sadalīšanās var ilgt līdz 1000 gadiem, augsnē un ūdenī izskalojot potenciāli toksiskas vielas. Ja plastmasas atkritumi tiek izmesti nepareizi, tie var

kaitēt videi un bioloģiskajai daudzveidībai.

Plastmasu var iedalīt, pamatojoties uz to fizikālajām un ķīmiskajām īpašībām:

- dabīgas izcelsmes (olbaltumvielas, celuloze, dabīgais kaučuks, zīds u. c.);
- sintētiskas izcelsmes (polietilēns (PE), polistirols (PS), poliamīdi (neilons), polivinilhlorīds (PVC), sintētiskā gumija, teflons u. c.);
- elastomēri – atgūst savu sākotnējo formu pēc apstrādes vai iedarbes fizikālā procesā (gumija);
- termoplasti – materiāls, kas karsējot kļūst mīksts (kūst) un sacietē, kad to atdzesē (PE);
- termoreaktīvi – neatgriezeniski sacietē karsēšanas vai apstrādes ar noteiktām ķīmiskām vielām laikā; polimērs sildīšanas laikā nekļūst mīkstāks un saglabā savu formu (silikons, vulkanizēta gumija).

## Termoplasti

Termoplastus var izkausēt un formēt, pēc atdzesēšanas tie sacietē. Tos var atkārtoti karsēt, pārveidot un rūdīt. Šī plastmasas īpašība nodrošina arī to mehānisku pārstrādi, kas ir laba atkritumu apsaimniekošanas metode.

Polietilēntereftalāts (PET) ir termoplastu veids, kono fosilajām izejvielām ražo kopš 1940. gada. Mūsdienās to izmanto tekstilrūpniecībā un pudeļu iepakojšanā.

Augsta blīvuma polietilēns (HDPE) ir termoplastisks polimērs, ko iegūst no etilēna monomēriem. No HDPE izgatavo cietus ziepju konteinerus un tīrīšanas šķidrums konteinerus, saldētavas un iepirkumu maisiņus, pārtikas un dzērienu uzglabāšanas traukus, caurules, aizsargķiveres, pudeļu vāciņus, transportlīdzekļu degvielas tvertnes un izolācijas materiālus.

Zema blīvuma polietilēns (LDPE) ir mīkstāks un elastīgāks salīdzinājumā ar HDPE. LDPE iegūst, saspiežot monomēra etilēna gāzi autoklāvā vai cauruļveida reaktorā, lai atvieglotu polimerizāciju, t. i., monomēru savienojumu polimēru ķēdēs, savukārt HDPE iegūst, karsējot naftu līdz ļoti augstai temperatūrai, tādējādi atbrīvojot etilēna gāzes monomēri, kas pēc tam apvienojas, veidojot polimēru ķēdes.

## Termoreaktīvi

Termoreaktīvi ir sintētiski materiāli, kas tiek pakļauti virknei fizikāli ķīmisku transformācijas procesu dažādos termiskās apstrādes etapos, palīdzot izveidot trīsdimensiju savienojumu. Šī transformācija ir neatgriezenisks process un pēc karsēšanas polimērus nevar pārveidot vai atkārtoti izkausēt, tas ir, termostati saglabā savu formu.

Poliuretānu izgatavo, polimerizējot organiskos monomērus, kas pazīstami kā uretāni. Poliuretāna fizikālās un ķīmiskās īpašības ļauj tos plaši izmantot dažādās jomās, piemēram, pārklājumi, putas, līmes, krāsas, polsterējumi un izolatori.

## 12.1. Plastmasas apstrādes metodes

Plastmasas apstrāde ir virkne darbību, kuru rezultātā polimērus vai plastmasas izejvielas pārvērš galaproduktos. Izšķir vairākas metodes, kā polimēru pārstrādāt augstas kvalitātes plastmasā; tās iedala trīs galvenajās kategorijās:

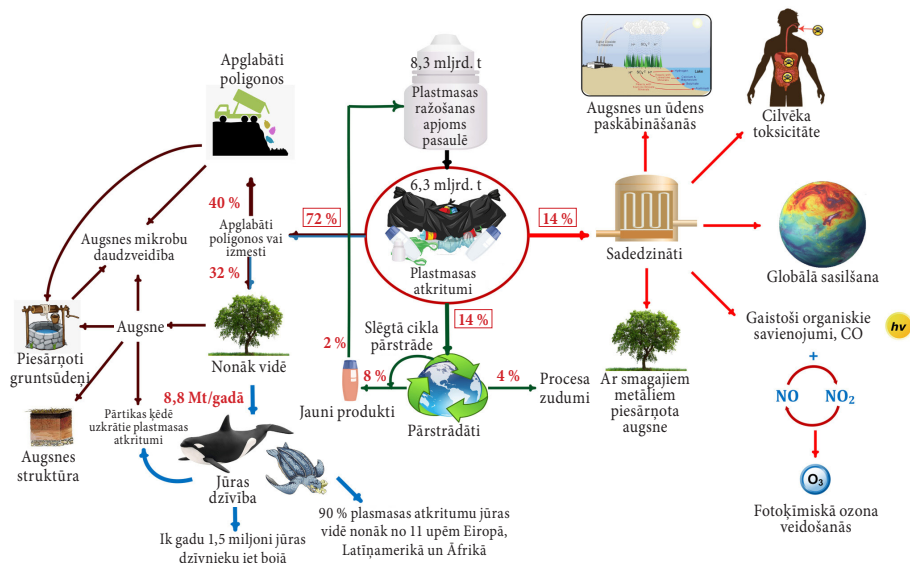
- 1) primārās apstrādes metodes – presēšana un ekstrūzija;
- 2) sekundārās apstrādes metodes – kalendēšana, rotācijas formēšana un liešana;
- 3) terciārās apstrādes metodes – urbšana, liešana un griešana.

Ekstrūzijas apstrādē visbiežāk izgatavo caurules, daudzslāņu plēves, siksnas un loksnes. Kompresijas formēšana ir vēl viena plastmasas apstrādes metode, kurā ir iesaistīta temperatūra. Tās laikā karstā veidnes dobumā ievieto iepriekš uzkarētu polimēru. Veidni pilnībā pārklāj un pēc tam saspiež, lai materiāls aizpildītu visu formu.

Rotācijas formēšana ir plastmasas liešanas metode, kas ideāli piemērota dobu priekšmetu ražošanai. Šīs metodes laikā spiediens nav nepieciešams, kā tas tiek izmantots citās metodēs. Kalendēšana ir arī viena no otrreizējās apstrādes metodēm, ko izmanto dažādu augstas kvalitātes plastmasas plēvju un lokšņu ražošanā. Ekstrūderā izkausētajam polimēram tiek pielikts spiediens un temperatūra, un ar kalendēšanas ruļļiem to pārveido loksnes. Vēl viena interesanta un noderīga plastmasas apstrādes metode ir liešana, kad materiāls šķidrā stāvoklī tiek iepildīts veidnē, kuras forma ir līdzīga vēlamā gatavā produkta formai.

## 12.2. Plastmasas atkritumu kaitīgā ietekme

Plastmasa ir noderīga ikdienas dzīvē dažādās jomās, taču tās lielais pieprasījums rada arī daudz atkritumu, kas var apdraudēt gan vidi, gan dzīvniekus, gan sabiedrības veselību, ja tie netiek pienācīgi apsaimniekoti. Statistikas dati liecina, ka pasaulē ir aptuveni 8,3 miljardi tonnu plastmasas, no kurām aptuveni 6,3 miljardi tonnu ir atkritumi, tāpēc ir svarīgi apzināt veidus, kā labāk apsaimniekot plastmasas atkritumus, lai tie iespējami mazāk ietekmētu apkārtējo vidi. 3. attēlā parādīta plastmasas atkritumu kaitīgā ietekme uz ekosistēmu.



3. att. Plastmasas atkritumu aprīte ekosistēmā (Avots: Evode u. c., 2021).

## Plastmasas ietekme uz augsni

Plastmasas piesārņojums neapšaubāmi rada lielus draudus augiem un dzīvniekiem, tostarp cilvēkiem, kad piesārņojums nāk no augsnes. Ziņots, ka viena trešdaļa no visiem plastmasas atkritumiem nonāk augsnē vai saldūdenī. Lielākā daļa šīs plastmasas sadalās daļiņās, kas ir mazākas par pieciem milimetriem, kas pazīstamas kā mikroplastmasa, un tās tālāk sadalās nanodaļiņās ( $<0,1 \mu\text{m}$ ). Problēma ir tāda, ka šīs daļiņas nonāk pārtikas ķēdē.

Notekūdeņi ir svarīgs faktors mikroplastmasas izplatīšanā. Faktiski no 80 % līdz 90 % plastmasas daļiņu, kas atrodas notekūdeņos, piemēram, no apģērba šķiedrām, saglabājas dūņās. Notekūdeņu dūņas bieži tiek lietotas lauku mēslošanai, tas nozīmē, ka katru gadu augsnē nonāk vairāki tūkstoši tonnu mikroplastmasas. Tā ir atrodamā pat krāna ūdenī. Sauszemes mikroplastmasas piesārņojums ir daudz lielāks nekā jūru un okeānu piesārņojums; tiek lēsts, ka atkarībā no vietas tas ir 4 līdz 23 reizes lielāks. Turklāt sīkas plastmasas daļiņas var pārnēsāt slimību izraisošus organismus un darboties kā slimību pārnēsātājs vidē.

2020. gadā tika publicēts pirmais pētījums, kā mikroplastmasas klātbūtne var ietekmēt augsnes faunu. Rezultāti parādīja, ka sauszemes mikroplastmasas piesārņojums ir izraisījis augsnē dzīvojošo sugu, piemēram, ērcu, kāpuru un citu sīku radījumu, kas uztur zemes auglību, samazināšanos.

Turklāt hlorēta plastmasa var apkārtējā augsnē izdalīt kaitīgas ķīmiskas vielas, kas pēc tam var iekļūt gruntsūdeņos vai citos apkārtējos ūdens avotos, tas var izraisīt virkni potenciāli kaitīgu ietekmju uz sugām, kas dzer šo ūdeni.

Plastmasas daļiņām sadaloties, tās iegūst jaunas fizikālās un ķīmiskās īpašības,

palielinot risku, ka tām būs toksiska ietekme uz organismiem. Piedevas, piemēram, ftalāti un bisfenols A (plaši pazīstams kā BPA), izskalojas no plastmasas daļiņām. Šīs piedevas ir pazīstamas ar savu hormonālo iedarbību un var izjaukt gan mugurkaulnieku, gan bezmugurkaulnieku hormonālo sistēmu. Turklāt nanoizmēra daļiņas var izraisīt iekaisumu, šķērsot šūnu barjeras un pat šķērsot ļoti selektīvas membrānas, piemēram, hematoencefālisko barjeru vai placentu, izraisot izmaiņas gēnu ekspresijā un bioķīmiskajās reakcijās.

## Plastmasas ietekme uz ūdens vidi

Katru gadu okeānā nonāk vismaz 14 miljoni tonnu plastmasas. Plastmasas atkritumi veido 80 % no visa jūru un okeānu piesārņojuma. Plastmasa ir atrodama ikviena kontinenta krastos, visvairāk plastmasas atkritumu tiek atrasti populāru tūrisma galamērķu un blīvi apdzīvotu vietu tuvumā. Plastmasa okeānos nonāk galvenokārt caur gruntsūdeņiem, no kanalizācijas, neatbilstošas atkritumu apglabāšanas un apsaimniekošanas, rūpnieciskām darbībām, riepu nodiluma, zvejniecības nozares, kuģniecības darbības, būvniecības un nelegālas atkritumu izgāšanas. Saules ultravioletā starojuma, vēja, straumju un citu dabas faktoru ietekmē plastmasa sadalās mikroplastmasā un nanoplastmasā, ko jūras dzīvnieki var viegli norīt.

Galvenā problēma ir ūdenī dzīvojošo sugu nosmakšana un sapīšanās plastmasas atkritumos. Jūras putni, vaļi, zivis un bruņurupuči, plastmasas atkritumus uzskata par laupījumu; lielākā daļa pēc tam mirst no bada, jo viņu vēderi piepildās ar plastmasu. Viņi cieš arī no plēstām brūcēm, infekcijām, samazinātas spējas peldēt un iekšējiem ievainojumiem. Peldošā plastmasa palīdz transportēt invazīvas jūras sugas, tādējādi apdraudot jūras bioloģisko daudzveidību un barības ķēdi. Turklāt, kad jūras organismi uzņem plastmasas daļiņas, šie piesārņotāji nonāk to gremošanas sistēmā un laika gaitā uzkrājas barības ķēdē. Visbeidzot, cilvēku veselība var tikt ietekmēta, patērējot jūras veltes uzturā.

### 12.3. Plastmasas atkritumu apsaimniekošanas stratēģijas

Ir dažādas plastmasas atkritumu apsaimniekošanas stratēģijas; tomēr pašreizējais pārvaldības progress nav ilgtspējīgs, un plastmasas atkritumu izgāšana poligonos joprojām ir visizplatītākā stratēģija. Tā kā plastmasas atkritumi nav bioloģiski noārdāmi, atkritumu izgāšana poligonos rada vairākas vides un cilvēku veselības problēmas.

Plastmasas atkritumu pārvaldības metodes var klasificēt sešās kategorijās, proti, izgāšana poligonos, otrreizēja pārstrāde, pirolīze, sašķidrināšana, izmantošana ceļu būvē, kā arī betona ražošanā.

#### Apglabāšana poligonos

Plastmasas atkritumu apglabāšana poligonos ir elementārākais atkritumu apsaimniekošanas paņēmieni, kas nav ilgtspējīgs veids, kā atbrīvoties no plastmasas

atkritumiem. Atkritumu apglabāšana poligonos var saasināt zemes deficītu un apgrūtināt atkritumu apsaimniekošanas organizāciju darbību, turklāt poligoni sen tiek atzīti par augsnes un ūdenstilpņu piesārņojošiem, kas rada bažas par cilvēku veselību un vidi. Tādējādi ir jāizvairās no plastmasas atkritumu apglabāšanas poligonos un jāizmanto citi ilgtspējīgāki apsaimniekošanas paņēmieni.

## Atkritumu pārstrāde

Atkritumu pārstrādes procesā plastmasa tiek savākta no dzīvojamajiem rajoniem, uzņēmumiem un vietējiem pārstrādes centriem, tam seko plastmasas šķirošana – atdalīšana no citiem materiāliem un šķirošana pēc plastmasas veida. Šiem procesiem var izmantot dažādu šķirošanas aprīkojumu, piemēram, manuāla šķirošana, magnētiskais atdalītājs, optiskais šķirotājs, kas spēj atšķirt dažāda veida plastmasu. Pēc tam plastmasa tiek nodota pārstrādei, kur to mazgā un sasmalcina, tad seko plastmasas izkausēšana un izspiešana jaunās pārstrādātās plastmasas granulās. Šīs granulas tiek izmantotas jaunu produktu ražošanai (4. att.).



4. att. Plastmasas pārstrādes process.

Tomēr plastmasas pārstrādei piemīt arī daži trūkumi – ir grūti pārvērst visu plastmasas atkritumu daudzumu atkārtoti lietojamā produktā. Šīs masas samazinājums visā pārstrādes procesā tiek uzskaitīts par plastmasas emisiju. Vēl viens otrreizējās pārstrādes trūkums ir ievērojamais enerģijas daudzums, kas tiek patērēts visā procesā, kā arī salīdzinājumā ar sākotnējo produktu pārstrādātās plastmasas izturība ir ievērojami samazināta.

## Pirolīze

Enerģijas reģenerācija no atkritumiem ir (nepārstrādājamu) atkritumu pārvēršana izmantojamā siltumā, elektroenerģijā vai kurināmajā, izmantojot dažādus procesus, tostarp sadedzināšanu vai pirolīzi. Visizplatītākā termiskā apstrāde ir sadedzināšana. Tās rezultātā atmosfērā izdalās ūdens molekulas un oglekļa dioksīds. Sadedzināšanas procesā atkritumus pārvērš pelnos, gāzēs (dūmgāzēs) un siltumā. Šīs apstrādes rezultātā iegūto siltumu var izmantot elektroenerģijas ražošanai. Diemžēl visi plastmasas atkritumi nav piemēroti sadedzināšanai; daži ir izturīgi pret skābekļa sildīšanu vai ir sprādzienbīstami.

Savukārt pirolīze ietver polimēru plastmasas molekulu ar lielu molekulmasu sadalīšanos vieglās gāzēs un šķidrās ogleņražos (skābekli nesaturošos) bezskābekļa vidē, lai izvairītos no skābekli saturošu blakusproduktu, piemēram, sēra un oglekļa dioksīda rašanās reaktorā. Izšķir termisko un katalītisko pirolīzi. Termiskā pirolīzē izmanto augstu temperatūru un spiedienu, kā rezultātā plastmasas molekula tiek iznīcināta. Katalītiskā pirolīzē izmanto katalizatoru, lai palielinātu degradācijas efektivitāti un samazinātu enerģijas patēriņu. Tomēr katalizatoru izmantošana rada papildu trūkumus, tostarp augstākas apstrādes izmaksas, kā arī saindēšanās iespēju katalizatora deaktivācijas laikā. Galvenie pirolīzes produkti ir gāzveida produkti, šķidrie ogleņraži un ogles. Pirolīzes šķidrie produkti ir būtiski, tos var izmantot kā tiešu degvielu vai pēc sajaukšanas ar benzīnu, par motoreļļu vai dīzeļdegvielu. Visbiežāk iegūtie šķidrie produkti ir parafīns (oktāns, heptāns un butāns), olefīni, izoparafīni, propāns un aromātiskās vielas. Ogle (Char) ir oglekli saturoša, cieta viela, kas rodas kā šķidrās naftas un dabasgāzes ražošanas blakusprodukts.

## Sašķīdināšana

Sašķīdināšanas tehnoloģija ir kļuvusi par vienu no alternatīvām, lai samazinātu uzkrāto atkritumu daudzumu, vienlaikus radot vērtīgus šķidrās produktus tādām vajadzībām kā transporta degviela un ķīmiskās izejvielas rūpniecībā. Turklāt plastmasas apsaimniekošana, izmantojot šo metodi, rada lielu potenciālu, lai samazinātu atkarību no neatjaunojamā fosilā kurināmā, radot alternatīvu enerģijas avotu. Plastmasas atkritumu sašķīdināšana, ko sauc arī par termisko sašķīdināšanu, ir jauna apstrādes metode, ko veic salīdzinoši zemākā temperatūrā (300 °C līdz 450 °C) un paaugstinātā spiedienā, izmantojot dažāda veida šķīdinātājus. Šķīdinātāju izmantošanas mērķis ir uzlabot masas un siltuma pārnesi reakcijas laikā. Polimēra ķēdes tiek sadalītas, tām reaģējot ar šķīdinātāju, kas sadala polimēru mazākās ķēdēs, nodrošinot starpmolekulāru ūdeņraža pārnesi.

## Ceļu būvniecība

Plastmasas atkritumu izmantošana ceļu būvniecībā, tos sajaucot ar bitumenu, pēdējā laikā ir pieaugusi. Ieguvumi ir divējādi: bioloģiski nenārdāmus plastmasas atkritumus var efektīvi likvidēt, un ceļi, kuru segumā izmanto plastmasas atkritumus, ir uzrādījuši labāku veiktspēju, nekā parastie asfaltētie ceļi. Viena kilometra ceļa asfaltēšanai tiek izmantota gandrīz viena tonna plastmasas atkritumu, atrisinot sarežģīto atkritumu apsaimniekošanas problēmu. Tika atklāts, ka plastmasas izmantošana ceļu būves procesā ietaupa aptuveni 40 000 USD dolāru uz vienu ceļa kilometru. Indija ir vizitērtākā šīs tehnikas atbalstītāja, tai seko Nīderlande un Apvienotā Karaliste. Plastmasas pievienošana nodrošina augstāku bitumena kušanas temperatūru, kā arī lielāku elastību. Ir arī konstatēts, ka ceļu segumiem ar plastmasu ir lielāka nokrišņu tolerance, turklāt šiem ceļiem ir augstāks ultravioletā starojuma izturības līmenis un ilgāks kalpošanas laiks, kā arī ir pierādīts, ka šādi ceļi var izturēt lielāku slodzi.

## Betona ražošana

Plastmasas atkritumus var izmantot betona ražošanā kā pildvielu aizstājēju, tādējādi iegūstot vieglāku materiālu ar uzlabotām siltuma un skaņas izolācijas (uzlabotas porainības dēļ) īpašībām. Ir novērots, ka plastmasu saturošiem materiāliem siltumvadītspēja ir piecas reizes mazāka nekā parastam betonam. Tomēr plastmasas iekļaušana negatīvi ietekmē betona mehāniskās īpašības, tāpēc 10–15 % ir pieļaujama plastmasas piedeva daudzums, iegūstot materiālu ar pieņemamām mehāniskajām īpašībām.

Var secināt, ka starp sešiem plastmasas atkritumu apsaimniekošanas paņēmieniem (poligoni, otrreizēja pārstrāde, pirolīze, sašķidrināšana, ceļu būve un betona ražošana), ceļu būvniecība un betona ražošana ir divas efektīvākās stratēģijas. Tām piemīt vairākas priekšrocības – plastmasas atkritumu ērta izmantošana, samazinātas siltumnīcefekta gāzu emisijas, kā arī uzlabotas saražoto materiālu īpašības un ilgtspējība. Savukārt poligonu izmantošana ir visnevēlamākā stratēģija vides un cilvēku veselības negatīvās ietekmes dēļ. Plastmasas atkritumu pārstrādei piemīt gan priekšrocības, gan vairāki trūkumi. Visbeidzot, pirolīze un sašķidrināšana ir labvēlīga ogles un degvielas ražošanai, taču augstais enerģijas patēriņš ierobežo to priekšrocības.



## 13.

## TOKSIKOĻĪJA

Toksikoloģija (no grieķu valodas *toxicon* – inde, *logos* – mācība) – zinātne, kas pēta dzīvā organisma un indes savstarpējās iedarbības likumības. Inde var būt praktiski jebkura ķīmiska viela, kas iekļūst organismā tādā daudzumā, lai izraisītu dzīvībai svarīgu funkciju traucējumus un radītu draudus dzīvībai. Viela ir jo toksiskāka, jo mazāks tās daudzums rada organisma dzīvības procesu traucējumus. Daudzas vielas ir dzīva organisma sastāvdaļas (olbaltumvielas, tauki, oghidrāti), lai izpaustos šo vielu toksiskums, jārada vai jārodas īpašiem apstākļiem. Biežāk toksiska iedarbība ir organismam svešām vielām – “ksenobiotikām”. Dažas vielas, kas noteiktā daudzumā un veidā atrodas apkārtējā vidē vai cilvēka un dzīvnieka organismā, nodrošina šo organismu eksistēšanas obligātus priekšnoteikumus, piemēram, mikroelementi (sudrabs, kadmijs, litijs, kobalts).

Tātad, viena un tā pati ķīmiskā viela var būt gan inde, gan zāles, gan dzīvībai nepieciešams līdzeklis, viss atkarīgs no virknes dažādu faktoru, kuri ietekmē šo vielu un organisma savstarpējo mijiedarbību.

Toksikoloģijas galvenais uzdevums ir noteikt un raksturot tās ķīmisko vielu toksiskās īpašības, kuras dzīvnieka vai cilvēka organismā var izraisīt patogēnas izmaiņas, kā arī pētīt apstākļus, kādos šīs īpašības rodas.

22. tabula

Toksikoloģijas galvenie virzieni un daļas

Teorētiskā toksikoloģija (eksperimentālā modeļošana)	Profilaktiskā toksikoloģija (higieniskā)	Klīniskā toksikoloģija
Toksikokinētika (kas notiek ar vielu organismā) Toksikodinamika (kā viela ietekmē organismu)	Pēta kaitīgo vielu iedarbības pakāpes problēmas un izstrādā pasākumus cilvēka organisma pasargāšanai no apkārtējā vidē esošo ķīmisko vielu iedarbības: <ul style="list-style-type: none"> <li>• komunālo;</li> <li>• rūpniecisko;</li> <li>• lauksaimniecisko;</li> <li>• barības;</li> <li>• sadzīves u. c.</li> </ul>	Medicīnas nozare, kas pēta slimības, kuras izraisa vidē esošo toksisko vielu iedarbība uz cilvēka organismu. Ķīmiskās slimības: <ul style="list-style-type: none"> <li>• akūtās;</li> <li>• hroniskās.</li> </ul> 2. Ārstniecības līdzekļu slimības: <ul style="list-style-type: none"> <li>• akūtās;</li> <li>• hroniskās.</li> </ul> 3. Toksikomānija (ķīmiskā narkoloģija)

## Toksikoloģijas speciālie veidi

Pēta cilvēku un dzīvnieku saindēšanos īpašos apstākļos, iedarbojoties speciāla veida toksiskajām vielām:

- kara;
- aviācijas;
- zemūdens u. c.

## 14.

# TOKSIKOMETRIJA

### 14.1. Toksikometrijas galvenie parametri

Pētāmās ķīmiskās vielas toksiskās iedarbības zonas noteikšana.

Šie faktori ir:

$Lim_{ac}$  – toksiskās vielas vienreizējas iedarbības sliekšnis – sliekšņa minimālā deva, kas izraisa organisma dzīvības procesu rādītāju izmaiņas, kuras jau iziet ārpus fizioloģisko reakciju pielāgošanās robežām.

$DL_{50}$  ( $DL_{100}$ ) – vidēja nāvējoša (nāvējoša) deva, kas izraisa 50 % (100 %) izmēģinājuma dzīvnieku nāvi, noteiktā veidā ievadot šo devu (kuņģī, uz ādas u. c., izņemot inhalāciju) un atkārtotot novērojumus pēc divām nedēļām. Šo devu izsaka miligramos uz 1 kg dzīvnieka masas (mg/kg).

$CL_{50}$  ( $CL_{100}$ ) – koncentrācija, kas izraisa 50 % (100 %) izmēģinājuma dzīvnieku nāvi, ievadot vielu inhalācijas veidā. Šo devu izsaka miligramos uz 1 m<sup>3</sup> gaisa (mg/m<sup>3</sup>).

Ķīmiskās vielas toksisko bīstamību raksturo akūtās toksiskās iedarbības zonas lielums

$$\frac{DL_{50}}{Lim_{ac}}$$

Jo lielāks šis lielums, jo mazāk bīstama ir viela.

### Indes higiēniskā klasifikācija

Saindēšanās klīniskā klasifikācija.

**Akūta saindēšanās** – attīstās toksiskai devai momentāni nonākot organismā, to raksturo akūtu specifisku simptomu parādīšanās.

**Hroniska saindēšanās** – attīstās mazām (subtoksiskām) indes devām nokļūstot organismā ilgākā laikā, dažreiz pat ar pārtraukumiem. Saslimšana sākas ar nespecifiskiem simptomiem, kas izpaužas kā nervu sistēmas un endokrīnās sistēmas traucējumi. Indei vienreiz nokļūstot organismā, saindēšanās attīstās ļoti lēni un izraisa ilgstošus veselības traucējumus.

Atbilstoši saindēšanās pakāpei izšķir:

- viegla saindēšanās;
- vidēji smaga saindēšanās;
- smaga saindēšanās;
- ļoti smaga saindēšanās;
- nāvējoša saindēšanās.

Visas šīs pakāpes ir tieši atkarīgas no klīniskās simptomātikas un mazākā mērā no uzņemtās indes devas. Ir zināms, ka dažādu sarežģījumu attīstība (pneimonija, akūta nieru nepietiekamība u. c.) pasliktina jebkuras saslimšanas prognozi, tādēļ saindēšanās sarežģījumus pieskaita smagajai kategorijai.

## Eksogēnās saindēšanās diagnostika

1. Klīniskā diagnostika ir balstīta uz:
  - aptaujas rezultātiem (analīze);
  - notikuma vietas apskates rezultātiem;
  - saslimšanas klīniskās ainas pētījumiem, lai izdalītu specifiskus saindēšanās simptomus. Šos pētījumus veic pirmo palīdzību sniegušais ārsts vēl pirms slimnieka hospitalizēšanas.
2. Laboratorā toksikoloģiskā diagnostika tiek veikta, lai kvalitatīvi un kvantitatīvi noteiktu toksiskās vielas organisma bioloģiskajā vidē (asinīs, urīnā, galvas un muguras smadzeņu šķidrumā u. c.). Šos izmeklējumus veic ķīmiķi eksperti.
3. Patomorfoloģiskā diagnostika tiek veikta, lai noteiktu specifiskas pēcnāves pazīmes pēc saindēšanās ar kādu toksisko vielu. Šo diagnostiku veic tiesu medicīnas eksperti.

## Saindēšanās ar smagajiem metāliem un arsēnu

Smago metālu un arsēna organiskos un neorganiskos savienojumus izmanto daudzos rūpnieciskajos procesos kā izejvielas vai blakusproduktus, lieto lauksaimniecībā kā herbicīdus un insekticīdus (granozāns u. c.). Arsēns un daži smagie metāli (varš, dzīvsudrabs, bismuts) ietilpst dažu medikamentu formu sastāvā; tos izmanto arī kā antiseptikas.

Šajā grupā ietilpst vairāk nekā 40 elementu ar lielu atommasu un īpatnējo blīvumu (lielāku par 5,0); piemēram, dzīvsudrabs, varš, kadmījs, zelts, dzelzs, svins, arsēns u. c.

Smago metālu un arsēna savienojumi nokļūst organismā norijot, inhalācijas ceļā, caur ādu un gļotādām.

Norijot notiek saindēšanās, šiem savienojumiem uzsūcoties organismā jonizētā veidā; jonizāciju veicina hlorīdu klātbūtne kuņģa sulā un zarnu sulu sārmainā reakcija.

Asinīs smagie metāli cirkulē jonu kompleksā ar aminoskābēm un taukskābēm. Smago metālu vadīšanā pa organismu liela loma ir olbaltumvielām, kas veido stipru saiti ar smagajiem metāliem. Dažu mēnešu laikā smagie metāli un arsēns nonāk visos organisma orgānos. Ļoti raksturīga šo savienojumu uzkrāšanās, veidojot augstu koncentrāciju nierēs un aknās, kur smagos metālus un arsēnu ilgu laiku aiztur olbaltumviela – metalobionīns.

Smago metālu un arsēna izdalīšanās no organisma notiek caur nierēm, aknām (ar žulti), sviedru un siekalu dziedzeriem, līdz ar to bojājot šīs organisma daļas. Pastāv cieša sakarība starp metāla toksiskumu un tā fizikāli ķīmiskajām īpašībām. Toksikums pieaug, pieaugot metāla atommasai, tas ir atkarīgs arī no komplekso savienojumu disociācijas spējas. Olbaltumvielu kompleksu jonizācija notiek lēnāk nekā šo metālu sāļu disociācija, tādēļ olbaltumvielu un smago metālu kompleksi ir mazāk toksiski. Smago metālu un arsēna toksiskās iedarbības mehānisms sastāv no vietējās

un resorbīvās iedarbības.

Vietējā iedarbība izpaužas kā audu destrukcija un ir atkarīga no šo savienojumu spējas disociēt. Olbaltumvielas sablīvēšanās un denaturācijas rezultātā notiek audu nekroze. Ja savienojuma molekulas sastāvā ir stipras skābes (sālsskābe, slāpekļskābe) atlikums, jonizācija notiek straujāk nekā tad, ja molekulas sastāvā ir vājas skābes (etiķskābe, ciānskābe) paliekas.

Resorbīvās iedarbības pamatā ir olbaltumvielu-fermentu aktīvo funkcionālo grupu bloķēšana. Svarīgākā ir sērūdeņraža grupu (tiolgrupu) bloķēšana, jo šī grupa olbaltumvielām-fermentiem nodrošina vairāk nekā 50 % bioloģiskās aktivitātes, bloķējas amīnu, karboksilgrupas u. c. grupas. Zūdot daudzām olbaltumvielu fizikāli ķīmiskajām un bioloģiskajām īpašībām, tiek traucēta olbaltumvielu, ogļūdeņražu un tauku apmaiņa. Tiek noārdīta šūnu apvalka struktūra, no šūnas tiek izvadīts kālijs un tā vietā šūnā nokļūst nātrijs un ūdens. Nieru, aknu, zarnu, eritrocītu un nervu šūnu epitēlijam ir specifiska uzbūve, tajā koncentrējas toksiskās vielas. Tāpēc saindējoties kliniskā aina galvenokārt izpaužas kā nefropātija, hepatopātija, neiralģija.

### Kliniskās un laboratoriskās diagnostikas īpatnības

Akūta saindēšanās ar smagajiem metāliem un arsēnu izpaužas kā:

- kuņģa un zarnu trakta bojājumi;
- eksotoksiskais šoks;
- toksiskā encefalopātija;
- nieru, asins, elpošanas ceļu bojājumi un darbības traucējumi.

Kuņģa un zarnu trakta bojājumi novērojami 97,3 % slimnieku. Toksīni tiek izdalīti caur mutes un resnās zarnas gļotādām (stomatīts un kolīts).

Subjektīvi bojājumi izpaužas kā metāliska garša mutē, slikta dūša, sāpes pie barības vada kakla daļas palpēšanas. Smagos gadījumos 22 % saslimušo novērojama barības vada un zarnu asiņošana.

Saindējoties ar dzīvsudrabu un svinu, novērojama tumša apmale uz smaganām, sāpes mutes dobumā, kaklā un rīklē, smaganu asiņošana, žokļa limfmezglu sāpīgums. Saindējoties ar dzīvsudrabu un varu, novērojami kuņģa un zarnu trakta gļotādas apdegumi, slikta dūša un vemšana. Saindējoties ar varu, vēmekļu masa ir zaļgana vai zili zaļa, ar arsēnu – zaļa.

Eksotoksiskais šoks novērojams 25,7 % slimo, galvenokārt saindējoties ar vara, hroma un arsēna savienojumiem, to pavada plaši gremošanas trakta apdegumi.

Toksiskā encefalopātija novērojama 5,7 % slimo, tā rodas, saindējoties ar arsēna un svina savienojumiem. Saindēšanās izpaužas kā eiforija, uzbudinājums, apziņas aptumšošanās un koma, sākumā paaugstinās, bet pēc tam pazeminās asinsspiediens, smakšana, ādas bālums un sejas zilēšana, samazinās redzes asums, roku un kāju krampji, epilepsijai līdzīgi krampji. Ieņemot lielas arsēna devas (1 g līdz 2 g un vairāk), var iestāties nervu paralīze.

Toksiskā nefropātija attīstās 67,6 % slimo. Vieglas saindēšanās gadījumos 5 līdz 7 dienas novērojamas mērenas urīna nogulšņu sastāva izmaiņas, vidēji smagos gadījumos – diurēzes samazināšanās 2–3 dienas. Smagas saindēšanās gadījumos attīstās

smaga nefropātija.

Toksiskā hepatopātija novērojama 54,4 % slimo 1 līdz 3 dienu laikā vienmēr kopā ar nefropātiju. Asins toksiskie bojājumi izpaužas kā hemolīze un anēmija. Hemolīze parasti novērojama, saindējoties ar arsēna ūdeņradi un vara savienojumiem, tā ilgst līdz 6 dienām, asins plazmā novērojama liela brīvā hemoglobīna koncentrācija (200 g/l).

Asins morfoloģiskās izmaiņas novērojamas 85,8 % gadījumu; novērojams drudzis, paaugstināta temperatūra (39–40 °C), mainās asins sastāvs. Anēmija novērojama 41,5 % slimo, jo smagie metāli un arsēns ietekmē kaulu smadzenes un attīstās hemolīze.

Ja saindēšanās notikusi ieelpojot dzīvsudraba tvaikus, smago metālu organiskos savienojumus vai arsēnu, parādās šādi psihoneiroloģiskie simptomi: paaugstināta uzbudināmība, bezmiegs, apgrūtināta rīšana, depresija, dezorientācija. Ieelpojot cinka un vara savienojumu tvaikus, parādās vājums, sauss klepus, augsta temperatūra (39 °C līdz 41 °C), galvassāpes, murgi, alergiski izsitumi un nieze.

Saindējoties ar smagajiem metāliem un arsēnu, izšķir trīs saindēšanās pakāpes:

- viegla;
- vidēji smaga;
- smaga.

Vieglas saindēšanās gadījumā novērojama funkcionālā dispepsija, kas pāriet dažu stundu laikā: gļotādu apdegumi mutē un rīklē, viegla nefropātija. Vidēji smagas saindēšanās gadījumā raksturīgi kuņģa un zarnu trakta funkciju traucējumi (ilgst dažas dienas) un asiņošana. Parādās vidēji smaga nefropātija un hepatopātija. Smagas saindēšanās gadījumā kuņģa un zarnu trakta traucējumi un asiņošana ilgst vairākas diennaktis. Attīstās stomatīts un kolīts. Eksotoksisko šoku pavada dekompensācijas pazīmes, kas var būt nāves cēlonis 1.–2. diennaktī. Attīstās hemolīze un akūta nieru un aknu nepietiekamība.

Izšķir agrīno un vēlīno toksikogēno fāzi:

- agrīnā fāze ilgst 2 līdz 3 diennaktis, kad asinīs ir lielāka toksisko vielu koncentrācija un parādās nefropātijas un hepatopātijas simptomi;
- vēlīnajā fāzē parādās nieru un aknu nepietiekamība.

Laboratorijas diagnostika:

- brīvā hemoglobīna noteikšana asinīs ar fotoelektrokolorimetrijas metodi;
- dzīvsudraba daudzuma noteikšana asinīs un urīnā ar kolorimetrijas metodi;
- vara daudzuma noteikšana.

Visizplatītākā ir hroniska saindēšanās ar dzīvsudrabu, ko sauc par “merkuriālismu”. Pirmās klīniskās pazīmes: palielinās nogurums, vājums, emocionāla nestabilitāte, galvassāpes, sākas roku un kāju trīcēšana, paaugstinās psihiskā aktivitāte (uzbudinājums). Dažreiz pievienojas arī paaugstināta svīšana, tahikardija, urinēšanas traucējumi; iespējama polineirīta pievienošanās.

23. tabula

**Kaitīgo vielu klasifikācija**

Kaitīgo vielu toksiskuma pakāpe	Kaitīgās vielas iekļūšana organismā		
	ieelpojot		norijot
	$CL_{50}$	$PK, \text{mg/m}^3$	$DL_{50}, \text{mg/kg}$
I – īpaši toksiskas	<1,0	<1,0	<15
II, III – toksiskas	1 līdz 10	<10,0	15 līdz 150
IV, V – mēreni toksiskas	11 līdz 40	<100,0	151 līdz 1500
VI-VIII – maztoksiskas	>40	>100,0	>1500

24. tabula

**Toksisko vielu toksikoloģiskā klasifikācija**

Toksiskās iedarbības vispārīgais raksturs	Toksisko vielu raksturīgākie pārstāvji
Nervu paralizējoša iedarbība (bronhu spazmas, smakšana un paralīze)	Fosfororganiskie insekticīdi (hlorofoss, karbofoss u. c.), nikotīns, anabazīns, zarīns
Ādas resorbīvā iedarbība (vietēji iekaisumi un nekrotiskas izmaiņas kopā ar vispārtoksiskām resorbīvām izmaiņām)	Dihloretāns, heksahlorāns, iprīts, luizīts, etiķskābes esence, arsēns un tā savienojumi, dzīvsudrabs
Vispārtoksiska iedarbība (hipoksiski krampji, koma, smadzeņu tūska, paralīze)	Stipra skābe un tās atvasinājumi, tvana gāze, alkohols un tā surogāti, hlorciāns
Smacējoša iedarbība (plaušu tūska)	Slāpekļa oksīdi, fosgens, difosgens
Asaras izraisīta un kairinoša iedarbība (ārējo gļotādu kairinājums)	Hlorpiksīns, stipru skābju un sārmu tvaiki
Psihotiska iedarbība (psihiskās aktivitātes traucējumi – apziņas traucējumi)	Narkotikas (kokaīns, opijs), atropīns, dietilamīds, lizergīnskābe

Toksisko vielu klasifikācija pēc "specifiskās iedarbības"

Specifiskās iedarbības raksturs	Toksisko vielu raksturīgie pārstāvji
“Sirds indes” Kardiotoksiska iedarbība – sirds ritma traucējumi, sirds nepietiekamība un miokarda distrofija	Sirds glikozīdi (digitālis, digoksīns, lantozīds); tricikliskie antidepresanti; augu indes; dzīvnieku indes; kālija un bārija sāļi
“Nervu indes” Neirotoksiska iedarbība – psihiskās aktivitātes traucējumi, toksiskā koma, toksiskā hiperkinēze un paralīze	Psihofarmakoloģiskie līdzekļi (narkotikas, trankvilizatori, miega līdzekļi); fosfororganiskie savienojumi; tvana gāze; izoniamīna atvasinājumi (ftivazīds), alkohols un tā surogāti
“Aknu indes” Hepatotoksiska iedarbība – toksiskā hepatopātija	Hlorētie ogļūdeņraži (dihloretāns); indīgās sēnes (bālā suņusēne); fenoli; aldehīdi
“Nieru indes” Nefrotoksiska iedarbība – toksiskā nefropātija	Smago metālu savienojumi; etilēnglikols, skābeņskābe
“Asins indes” Hematotoksiska iedarbība – hematoīze, methemoglobija	Anilīns un tā atvasinājumi; nitrīti; arsēna ūdeņradis
“Kuņģa un zarnu trakta indes” Gastroenterotoksiska iedarbība – toksiskais gastroenterīts	Stipras skābes un sārmī; smago metālu un arsēna savienojumi

## 14.2. Toksikokinētika

Toksikokinētika – starpdisciplīnu zinātnes nozare par ķīmisko savienojumu toksisko dabu un iedarbības mehānismu apkārtējā un ražošanas vidē.

Bioloģiski aktīvu vielu un bioloģisko sistēmu mijiedarbība notiek molekulārā līmenī: toksiskās vielas, tāpat kā bioloģiskās sistēmas, sastāv no molekulām.

Toksisko vielu un dzīvo organismu mijiedarbībai ir divējāds raksturs:

- 1) toksiskās vielas iedarbība uz organismu – toksikodinamiskā fāze;
- 2) organisma iedarbība uz toksisko vielu – toksikokinētiskā fāze.

Toksikokinētiskā fāze sastāv no divu veidu procesiem:

- a) sadales procesi: uzsūkšanās, vadīšana, uzkrāšanās un toksiskās vielas izdalīšana;
- b) toksisko vielu metaboliskās pārvērtības – biotransformācija.

Īpaša uzmanība veltīta toksikokinētiskās fāzes vielu sadalīšanas procesiem.

Toksisko vielu sadalīšanās cilvēka organismā ir atkarīga no:

- a) vielas fizikāli ķīmiskajām īpašībām;
- b) šūnas struktūras, jo šūna ir organisma pamatvienība, un galvenokārt no šūnu membrānu struktūras un īpašībām.

## Toksisko vielu fizikāli ķīmiskās īpašības

Lai noteiktu vielu toksiskumu, ir jānovērtē liels daudzums fizikālo un ķīmisko īpašību datu. Svarīgākie ir tie, kam ir liela nozīme ķīmiskajā mijiedarbībā ar molekulu bioloģiskajām sistēmām – tie ir:

- molekulu ķīmiskā struktūra;
- molekulu telpiskā struktūra;
- elektronu blīvums;
- iekšmolekulārais attālums;
- molekulmasa, molekulas izmērs un forma.

Šķīdība ūdenī un taukos, īpaši sadalījuma koeficients (Nerusta koeficients), ietekmē vielas lipofilo vai hidrofilo uzvedību. Daudzos gadījumos jāņem vērā arī virsmas aktivitāte. Liela nozīme ir arī molekulu disociācijai jonos, molekulu stabilitātei pie dažāda pH līmeņa, hidrolīzei un koloīdu veidošanai. Joniem noteicošais ir lādiņš, izmēri un vērtība, daļiņām – izmēri, forma un blīvums. Īpaša uzmanība jāpievērš toksisko vielu maisījumiem, kā arī piemaisījumiem tajos.

## Membrānu struktūra un īpašības

Ārējā citoplazmatiskā šūnu membrāna piedalās šūnas iekšējās vides regulēšanā un vielu vadišanā. Membrānas nav vienkārši šūnu ārējā šūniņa, tā veido sarežģītu kroku sistēmu šūnas iekšpusē vai apkļauj kodolu un šūnu orgānus. Citoplazmatiskām un iekšējām membrānām ir atšķirīgs lipīdu un olbaltumvielu sastāvs. Lipīdi (fosfolipīdi, glikolipīdi, holesterīns) izvietojas divu slāņu veidā tā, ka to hidrofilās galviņas veido membrānas augšējo un apakšējo virsmu. Hidrofobās astītes izstieptas membrānas iekšpusē. Divkārsšais lipīdu slānis veido membrānas struktūrkarkasu. Olbaltumvielas un hidroproteīni pastiprina tās struktūras vienotību. Bez tam uz membrānas vai tās iekšpusē var izveidoties fermentu sistēmas, kas sastāv no olbaltumvielu molekulām. Olbaltumvielas, kas saistītas tikai ar membrānas virsmu (iekšējo un ārējo), sauc par “ārējām”; olbaltumvielas, kas iekļūst membrānas iekšpusē, sauc par “iekšējām”. Membrāna nav statiska struktūra. Attiecība starp lipīdiem un olbaltumvielām tajā viegli mainās atbilstoši funkcionālām vajadzībām. Membrānas struktūras iekšpusē lipīdiem un olbaltumvielām ir diezgan liela kustības brīvība. Skaidrs, ka membrāna nav vienkārši barjera. Dažas vielas iziet cauri tieši membrānai, vai nu izšķīstot tajā, vai ķīmiski mijiedarbojoties ar šīm vielām. Taču daļēji apmaiņa notiek caur porām. Tām nebūt nav jābūt kanāliem ar fiksētu stāvokli. Dzīva membrāna reaģē uz apstākļu maiņu, atverot vai aizverot noteiktas poras, kuru izmērs ir no  $4 \text{ \AA}$  (zarnu epitēlijs) līdz  $30 \text{ \AA}$  (kapilāri); tas ļauj izlaist molekulas ar molekulmasu no 100 līdz 6000.

Vielu vadišana caur membrānu notiek šādu procesu rezultātā:

- pasīvie procesi: difūzija caur porām, difūzija izšķīstot membrānas komponentos; paātrināta difūzija;
- aktīvie procesi: aktīva vadišana.

Difūzija ir molekulu vai jonu kustība no apgabala ar augstāku koncentrāciju vai lielāku elektrisko lādiņu uz apgabalu ar zemu koncentrāciju vai nelielu lādiņu. Pasī-



vās difūzijas ātrums proporcionāls elektroķīmiskā gradienta lielumam uz membrānas, membrānas biezumam, apgabala lielumam, kurā var notikt difūzija, un difūzijas koeficientam (Fuka likums). Pašas lielākās molekulas vai hidrofilie joni cauri membrānai iziet pa porām. Dažreiz poru iekšējai virsmai ir elektriskais lādiņš, jo olbaltumvielu blakusķēdes ir polāras. Tāpēc mazas poras var darboties selektīvi – laist cauri tikai jonus ar pretēju lādiņu. Palielinoties jonu izmēriem, darbojas filtrācijas mehānisms kā osmotiskā vai hidrostatiskā spiediena rezultāts. Dažas vielas viegli tiek cauri membrānai, pateicoties tam, ka šīs vielas šķīst un uzkrājas lipīdu slānī.

Lai atvieglotu vai katalizētu difūziju, nepieciešams, lai membrānā būtu kāda nesošā viela, visbiežāk, olbaltumvielas molekula. Nesējs selektīvi saistās ar analogas ķīmiskās struktūras vielu, kas var konkurēt ar saistīšanās zonu. Procesu, kad nesējs pārvada jonus vai molekulas abos virzienos, sauc par apmaiņas difūziju.

Aktīvā vadīšana – tā ir molekulu un jonu vadīšanas sistēma caur membrānu ar nesēju palīdzību, un tai ir jāpievada enerģija. Līdzīgi vielas var konkurēt ar saistīšanās zonām. Toksiskās vielas var traucēt vadīšanu, konkurējot ar saistīšanās zonām vai traucējot enerģijas veidošanos (tas notiek inhibējot fermentu sistēmu). Šis vadīšanas veids ir ļoti svarīgs, vielām uzsūcoties zarnās un ķīmiskās vielas izvadot ar urīnu un žulti.

## Toksisko vielu absorbcija

Apkārtējā vidē esošās toksiskās vielas cilvēka organismā var nonākt trejādi:

- caur elpošanas ceļiem;
- caur kuņģi un zarnu traktu;
- caur veselu ādu.

Absorbējoties caur plaušām, organismā nonāk galvenokārt gaisā esošās gāzes, tvaiki, dūmi, aerosoli utt.

Elpošanas ceļi ir ideāla gāzu apmaiņas sistēma ar virsmu līdz 100 m<sup>2</sup> (dziļas elpošanas gadījumā) un aptuveni 2000 km garu kapilāru tīklu. Tos var sadalīt divās daļās:

- a) augšējie elpošanas ceļi – rikle, deguns un traheobronhiālais sazarojums;
- b) apakšējā daļa – bronhiolas, kas pāriet maisveida veidojumos (alveolas), kuri veido plaušu audus.

No uzsūkšanās viedokļa plaušās lielāko interesi izraisa alveolas. Alveolu sienas izklātas ar alveola epitēliju, kas sastāv no iekšādu karkasa, tas savukārt sastāv no membrānām, savienošajiem audiem un kapilāriem. Gāzu apmaiņa notiek caur šo sistēmu, kuras biezums ir 0,8 mikroni.

No tā, kā gāzes un tvaiki izturas elpošanas ceļos, ir atkarīga to šķīdība un ķīmiskās aktivitātes. Ūdenī šķīstošās gāzes viegli šķīst augšējo elpošanas ceļu gļotādu ūdenī. Mazāk šķīstošās gāzes un tvaiki, piemēram, slāpekļa oksīdi, sasniedz alveolas, kurās tie absorbējas un var reaģēt ar epitēliju, izraisot vietējus bojājumus.

Taukos šķīstošās gāzes un tvaiki difundē caur nebojātām alveolām – kapilārām membrānām. To absorbcijas ātrums ir atkarīgs no šķīdības asinīs, gaisa apmaiņas, asinsplūsmas un apmaiņas intensitātes. Gāzveida vielas, kas labi šķīst asinīs, viegli uzsūcas, bet slikti šķīstošās viegli izdalās no plaušām ar izelpoto gaisu.

Daļiņu aizture elpošanas ceļos ir atkarīga no to fizikālajām un ķīmiskajām īpašībām, formas, izmēra, kā arī no anatomiskām, fizioloģiskām un patoloģiskām īpatnībām.

## Uzsūkšanās kuņģī un zarnu traktā

Ikdienā toksiskās vielas organismā nonāk kopā ar barību un dzērienu vai arī toksiskajām vielām gadījuma pēc nonākot mutē, vai arī norijot ielēptās nešķīstošās daļiņas.

Gremošanas trakta, sākot no barības vada līdz pat taisnajai zarnai, uzbūve kopumā ir vienāda. Gļotādu slānis (epitēlijs) balstās uz saistaudiem, kapilāriem un muskuļiem. Epitēlija virsma ir ļoti krokota. Zarnu epitēlijam ir milzīgs skaits mazu spurgaliņu, kas uzsūc vielas. Uzsūkšanās sākas mutes gļotādā, bet tā kā barība mutē atrodas īsu laiku, uzsūkšanās ir minimāla. Mutē uzsūktās vielas nav pakļautas barības pārstrādes sulu un fermentu iedarbībai un netiek ar asinīm pārnestas aknās.

Kuņģī nepolārās vielas uzsūcas pasīvās difūzijas ceļā. Vides pH veicina vielu absorbēšanu, turklāt pH nedisociē. Tās ir nejonizētas, difundētas, taukus radošas vielas (vājas skābes). Barības pārvietošanās pa barības vadu un kuņģi ilgst vienu stundu.

Zarnas ir sarežģīts orgāns, kas nodrošina uzsūkšanos. Zarnās pH ir sārmais, kas veicina to vielu difūziju, kuras nedisociē pie šāda pH (vāji sārmī). Tomēr te ļoti aktīvi darbojas daudzi citi absorbēšanas mehānismi: difūzija caur porām, aktīvu radīšanu, uzsūkšanos caur spurgaliņām. Barības kustība caur zarnām ilgst daudzas stundas.

Absorbēšanu kuņģī un zarnu traktā ietekmē daudzi faktori:

- vielu fizikālās un ķīmiskās īpašības, īpaši to šķīdība un disociācija;
- barības daudzums kuņģī un zarnu traktā un gremošanas trakta peristaltika;
- barības atrašanās laiks dažādos gremošanas trakta posmos;
- epitēlija īpašības: tā virsma, pH, absorbēšana un asins plūsma;
- hidrotropisms, t. i., dažu vielu (žultskābes, augstmolekulāro taukskābju sāļi) spēja pārveidot nešķīstošus savienojumus šķīstošos;
- dažādu citu vielu klātbūtne, kuras reaģējot var radīt antagonistisku vai sinerģisku efektu un dažos gadījumos veidot helātus.

Vairums toksisko vielu, kas tiek absorbētas kuņģī un zarnu traktā, nonāk kapilāros, pēc tam vārtu vēnā un pa to aknās. Te šīs vielas mainās vielu apmaiņas procesā un vairumā gadījumu kļūst nekaitīgas. Daudzas toksiskās vielas, kas atrodas asinīs pēc uzsūkšanās kuņģī un zarnu traktā, ar žulti var izdalīties zarnās. Daļa šo izdalīto indīgo vielu var atkārtoti uzsūkties kuņģī un zarnu traktā (zarnu–aknu cirkulācija).

## Absorbēšana caur ādu

Āda kopā ar organisma dabīgo atveru gļotādām klāj visu ķermeņa virsmu. Tā ir šķērslis fiziskiem, ķīmiskiem un bioloģiskiem aģentiem, saglabā organisma veselumu un pilda fizioloģiskās funkcijas.

Āda sastāv no trīs slāņiem: 1) epidermas, 2) pašas ādas (dermas) un 3) zemādas audiem (hipodermas). No toksikoloģijas aspekta vislielākā nozīme ir epidermai. Tā

sastāv no daudziem šūnu slāņiem. Zem paša virsējā slāņa atrodas lipīdu membrāna (“barjera”). Taču šī membrāna nav blīva: matu maisiņi un sviedru dziedzeru atveres iet caur to un sasniedz dermu.

Vielas caur ādu nokļūst organismā šādos veidos:

- transepidermālā absorbcija, difundējot caur lipīdu membrānu (selektīvi nedisociētiem savienojumiem);
- transfolikulārā absorbcija apkārt matu saknītēm (neselektīvi);
- brīvā iekļūšana ar mehānisku traumu vai caur slimu ādu.

Toksisko vielu iekļūšana caur ādu atkarīga no vielas šķīdības lipīdos, polaritātes, molekulu izmēra un disociācijas. Ja viela ir izšķīdušā formā, sava nozīme ir arī šķīdinātājam. Nozīme ir arī dažādu ādas daļu anatomiskajām un fizioloģiskajām īpašībām, kā arī temperatūrai, pH, hidratācijai, asins plūsmai un vielmaiņai.

### Toksisko vielu vadīšana

Daudzu toksisko vielu vadīšanā, bez limfas un citiem organisma šķidrumiem, pēc uzsūkšanās līdz izvadīšanai no organisma, liela nozīme ir asinīm. Toksiskās vielas nonāk organismā molekulu un jonu veidā. Organisma vidē dažas vielas hidrolizējas un polarizējas, veidojot koloīdas daļiņas.

Asinīs vielas atrodas vai nu brīvā veidā, vai arī saistītas ar kādu asins sastāvdaļu. Dažas nedisociētas molekulas, gāzes un tvaiki plazmā var šķīst brīvā veidā. Vielas var būt saistītas ar eritrocītiem vai plazmas komponentiem. Tikai nedaudzām toksiskām vielām ir izteikta radniecība (līdzība) ar eritrocītiem. Oglekļa oksīds (CO) saistās ar hemoglobīna hemu, bet As – ar globīnu. Svinu 96 % pārnes eritrocīti. Dzīvsudrabs, ko satur organiskie savienojumi, un cēzijs, arī saistās ar eritrocītiem, bet neorganisko savienojumu dzīvsudrabs – ar asins plazmas albumīnu. Eritrocīts un albumīns konkurē cinka piesaistīšanā.

Lielākā daļa toksisko vielu ir līdzīgas plazmai, un dažas no tām sadalās starp eritrocītiem un plazmu. Tās var saistīties ar plazmas olbaltumvielām un veidot kompleksus ar organiskajām skābēm vai helātu savienojumus.

No plazmas olbaltumvielām svarīgs pārnese līdzeklis ir albumīns. Tā ir samērā liela molekula, pie pH 7,4 tai ir negatīvs lādiņš 16 elektronu vienības. Molekula satur 100 negatīvas un 84 pozitīvas grupas, tā kā tā var pievilkt un pārnest katjonus un anjonus. Plazmas olbaltumvielas var pārnest vielas, kas šķīst lipīdos. Bieži vien starp plazmas olbaltumvielām un eritrocītiem veidojas konkurence par dažādām vielām. Sārmzemju un retie elementi un daži smagie metāli, kas atrodas plazmā katjonu veidā, viegli veido kompleksus ar organiskajām skābēm (pienskābe, citronskābe un glutamīnskābe). Šie kompleksi spēj difundēt un viegli tiek izvadīti no audiem un orgāniem. Toksiskās vielas izvadīšana no asinīm ir atkarīga no šīs vielas spējas saistīties ar asins komponentiem. Dažreiz eritrocītu vai asins plazmas komponenti var aizturēt toksiskās vielas ilgā laiku.

## Sadalīšana un kumulācija

Absorbēto vielu sadalīšanu ietekmē to koncentrācija asinīs, asins plūsmas ātrums, plūsma caur šūnu membrānām un līdzība ar saistīšanas zonām. Organisms sastāv no daudziem audiem, orgāniem un šķidrumiem. Aiztures laiku nosaka vielas vai tās metabolīta līdzība ar saistīšanās zonu. Laiku, kas nepieciešams, lai izvadītu 50 % vielas, sauc par pusizvadīšanas periodu. Ja absorbcijas ātrums ir lielāks par izdalīšanās ātrumu, toksiskā viela uzkrājas.

Vielas, kas asinīs atrodas vienvērtīgo katjonu (Li, K, B, Rb) vai anjonu (ar vērtību no 1 līdz 6 – Cl, Br, Po) veidā, viegli difundē organisma šķidrumos un sadalās vienmērīgi visos audos un orgānos.

Daļa orgānu šūnu var atrast, satvert un iznīcināt svešķermeņus (koloīdus, daļiņas, mikroorganismus). Interesi izraisa koloīdu aizture. Palielinoties koloīdu daļiņu izmēram, tās uzkrājas galvenokārt aknās; samazinoties – tās vienmērīgi sadalās citos orgānos.

Taukos šķīstošajām vielām ir lielāka tieksme nonākt ar lipīdiem un taukiem bagātos audos un orgānos: endokrīno dziedzeru taukaudos, nervu šķiedrās, piemēram, dažas nervu indes iedarbojas tāpēc, ka šķīst nervu šķiedru apvalku lipīdos.

Vairākas vielas nogulsņējas kaulu audos, piemēram, vieglie un sārmezemju metāli.

Smagie metāli (Pb, Zn, Cd, Hg) izrāda tieksmi pēc SH – grupām, kas ir keratīna sastāvā, tāpēc nogulsņējas matos un nagos.

## Toksisko vielu izdalīšanās

Tie paši mehānismi, kas darbojas vielu uzsūkšanā, darbojas arī to izdalīšanā no šūnām un orgāniem. Toksiskās vielas izdalīšanās ir saistīta ar tās īpašībām, koncentrāciju un piesaisti organismā. Ir divas sistēmas:

- “Ātrās apmaiņas sistēma” (plazma, organisma šķidrums) – veido aptuveni 30 % cilvēka organisma masas;
- “Lēnās apmaiņas sistēma” (taukaudi, šūnu šķidrums, kauli).

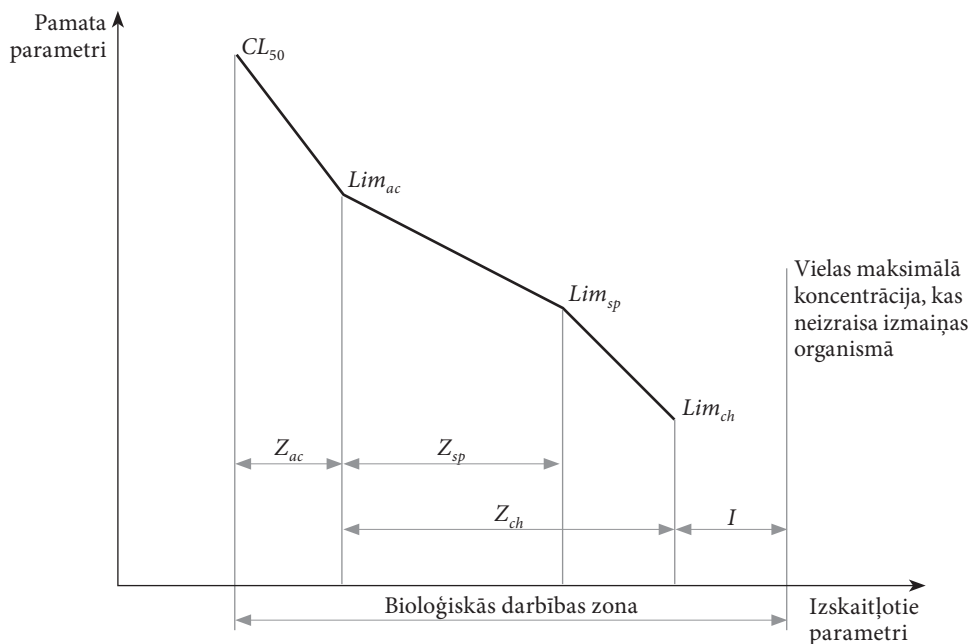
Toksisko vielu izdalīšanās no organisma notiek ar izelpojamo gaisu, ar urīnu, ar žulti izkārnījumos, ar siekalām, ar pienu, caur matiem un ādu. Izdalīšanās caur plaušām – gāzu un gaistošo vielu izdalīšanās. Izdalīšanās caur nierēm – galvenais izvadceļš (filtrācija, pārvade un difūzija). Izdalīšanās caur žulti – otrs galvenais izvadīšanas ceļš. Toksiskās vielas, kas saistītas ar plazmas olbaltumvielām un savienojumi ar molekulmasu lielāku par 300 līdz 400 izdalās žultī, veicot aktīvu vadīšanu. Hidrolīzes rezultātā šīs vielas sadalās par mazāk polāriem savienojumiem un no jauna uzsūcas kuņģī un zarnu traktā. Izdalīšanās ar siekalām notiek smago metālu pasīvās difūzijas rezultātā (Pb, Cu, Hg, As). Izdalītā viela tiek norīta un izdalās caur kuņģi un zarnu traktu. Izdalīšanās caur ādu notiek galvenokārt pēc tam. Izdalīšanās caur matiem notiek, smagajiem metāliem uzkrājoties matos.

Kombinētā toksisko vielu iedarbība ražošanā un apkārtējā vidē mūsdienās ir ierasta parādība. Individuālie paradumi (smēķēšana, alkoholisms, pastāvīga zāļu lietošana) ir papildu faktori, kas ietekmē toksikodinamiku un toksikokinētiku. Ja

organismā ir divas vai vairākas svešas vielas, tās izraisa toksikokinētiskās reakcijas, t. i., izmaiņas absorbcijā, vadīšanā, sadalījumā, kumulācijā, vielu apmaiņā un katras vielas izdalīšanā.

## Toksikometrija

5. attēlā attēlota attiecība starp pamata un izskaitļotajiem toksikometrijas parametriem.



5. att. Attiecība starp pamata un izskaitļotajiem toksikometrijas parametriem.

Pamata parametriem pieskaitāma nāvējošā deva vai nāvējošā koncentrācija ( $DL$ ,  $CL$ ), vienreizējās kompleksās iedarbības sliekšnis ( $Lim_{ac.int.}$ ), kas iedarbojas uz vispārējo veselības stāvokli: uzvedības reakciju, fizisko un garīgo darbaspēju, enerģētisko apmaiņu utt., vienreizējās specifiskās iedarbības sliekšnis ( $Lim_{ac.sp.}$ ), kas saistīts ar rādītājiem, kuri atspoguļo sistēmas, orgānu, audu un šūnu stāvokli, iedarbības kumulācijas koeficientu (daudzkārtēja iedarbība).

$$I_{cum} = \frac{DL_{50}}{\sum DL_{50}}$$

Kaitīgās iedarbības sliekšnis ir vielas minimālā koncentrācijas (vai deva), pie kuras organismā notiek izmaiņas (konkrētos apstākļos iedarbība uz statistiski standartizētu dzīvnieku grupu), kas pārsniedz fizioloģisko īpašību piemērošanās robežu vai ir slēpta (t. i., laikā kompensēta) patoloģija.

Aprēķināmiem parametriem pieder:

- vienreizējās iedarbības zona:

$$Z_{ac} = \frac{CL_{50}}{Lim_{ac}};$$

- specifiskās iedarbības zona:

$$Z_{sp} = \frac{Lim_{ac.int}}{Lim_{ac.sp}};$$

- hroniskās iedarbības zona:

$$Z_{ch} = \frac{Lim_{ac}}{Lim_{ch}};$$

- potenciālās intoksikācijas koeficients inhalācijas gadījumā:

$$CPIP = \frac{C^{20}}{CL_{50}};$$

- bioloģiskās iedarbības zona:

$$Z_{b.ef} = \frac{DL_{50}(\text{vai } CL_{50})}{Lim_{ch}};$$

- rezerves koeficients:

$$I = \frac{Lim_{ch}}{PDK}.$$

Zonu lielums ir apgriezti proporcionāls nāves draudiem vai akūtai intoksikācijai ( $Z_{ae}$ ), proporcionāls selektīvai tā vai cita veida iedarbībai. Kumulācijas koeficienta lielums ir apgriezti proporcionāls vielas spējai funkcionāli kumulēt. Toksikometrija cieši saistīta ar kaitīgo vielu iedarbības mehānisma izpēti. Pats grūtākais uzdevums, nosakot minimāli efektīvo piesārņotāju devu vai koncentrāciju apkārtējā vidē, ir noteikt bīstamības kritērijus. Jālieto metodes, kas ļauj atšķirt ārējās iedarbības fizioloģisko iedarbību no patoloģisku procesu kompensācijas (pseudoadaptācija).

## Toksiskums un struktūra

Vairāk nekā gadsimtu zinātnieki centās noteikt sakarību starp vielas bioloģisko iedarbību un tās struktūru. Jau sen ir zināma tipiska organisko vielu toksiskuma un to sastāva savstarpējā saistība. Piemēram, ievadot organiskajā savienojumā halogēna atomu, vienmēr palielinās vielas toksiskums; arī divkārsās saites parādīšanās molekulā palielina vielas toksiskumu.

Vielu toksiskums stipri mainās, ja molekulā tiek ievadīta nitro-, nitrozo- vai aminogrupa. Savienojumu toksiskums samazinās, ja molekulā ir karboksilgrupa vai notiek acetilēšana. Pētot farmakoloģiskos preparātus noskaidrots, ka medikamentu iedarbība ir atkarīga no atomu telpiskā izvietojuma molekulās. Piemēram, visās vielās, kas darbojas līdzīgi kurārei, slāpekļa atomi izvietoti 15,5 Å cits no cita. Bioloģiskās aktivitātes raksturs ir atkarīgs no ķīmiskās reakcijas tipa starp ķīmisko vielu un bioloģiskās sistēmas centriem. Galvenie saišu tipi, kam ir svarīga nozīme toksiskuma raksturojumā, ir kovalentās saites, jonu, ūdeņraža saites un Van der Vālsa spēki. Pēc bioloģiskās iedarbības rakstura visas organismam svešās vielas var sadalīt divās kategorijās. I kategorijas savienojumi darbojas nespecifiski, kas izpaužas kā fizioloģis-

ku funkciju nomākšana. Šādu iedarbību sauc par “fizisko” toksiskumu, narkotisko iedarbību vai neelektrolītisko aktivitāti. “Fiziskais” toksiskums nav saistīts ar kādu specifisku vielas un bioloģisko sistēmu receptoriem. Daudzas vielas specifiski “ķīmiski” iedarbojas uz bioloģiskās sistēmas receptoriem. Ļoti daudzas vielas vienlaikus iedarbojas gan specifiski, gan nespecifiski (“fizikāli” un “ķīmiski”). Jau 1870. gadā tika formulēta hipotēze, ka bioloģiskās sistēmas atbildes reakcija ir uz organismu darbojošās ķīmiskās vielas struktūras funkcija. Tika pierādīts, ka sakarība “struktūra–aktivitāte” ir izsakāma matemātiski, ņemot vērā bioloģisko sistēmu atbildes reakciju izmaiņas pie atbilstošām nelielām vielas molekulas struktūras izmaiņām.

Henča 1976. gadā piedāvātā metode (daudzparametru pieeja mijiedarbībai “struktūra–aktivitāte”) QSAR – ((pieļaujama drošas iedarbības līmenis) praktiski ir universāla. Šīs metodes pamatā ir ideja, ka jebkurš bioloģiskās aktivitātes veids strukturāli radniecisku ķīmisko savienojumu rindā ir noteikts ar molekulas hidrofobo, elektronisko un sterisko īpašību summu. Vielas bioloģiskās aktivitātes var aprakstīt ar šādu vienādojumu:

$$\log C = k_1(\log P)^2 + k_2(\log P) + k_3\tau + k_4E_s + k_5,$$

kur:

$\log C$  – molekulārā koncentrācija, kas izraisa bioloģiskās sistēmas atbildes reakciju;

$P$  – sadalījuma koeficients sistēmā oktānols–ūdens;

$\tau$  – Hamlesta konstante;

$E_s$  – Tafta steriskā konstante.

Šī metode ar lielu precizitāti paredz bioloģisko iedarbību. Kad bioloģiski aktīva viela iekļūst organismā, tā no starpšūnu telpas šūnā pārvietojas uz savas tiešās iedarbības vietu. Ātrums, ar kādu lielākā daļa organisko savienojumu iziet cauri bioloģiskiem audiem, ir proporcionāls sadalījuma koeficienta logaritmam sistēmā organiskais šķīdinātājs–ūdens izsaka varbūtību, ar kādu viela sasniegs iedarbības vietu.

Sakarību starp toksisko iedarbību uz elektronu un steriskajām konstantēm var izskaidrot ar to, ka vielas bioloģiskā aktivitāte ir saistīta ar vielas ķīmisko aktivitāti, kuru savukārt nosaka elektronu un telpiskās īpašības, un tās var aprakstīt ar elektroniskajām struktūrām.

Matemātiski prognozējot toksiskumu, sekmīgi var lietot fizikāli ķīmiskās konstantes, ņemot vērā organisko savienojumu klasi, šķīdību ūdenī, gaistamību. Dažādiem gaistošiem organiskajiem savienojumiem orientējoši drošāko koncentrāciju darba zonas gaisā var aprēķināt:

$$\lg C = 1,12 - 0,058\tau + \lg M;$$

$$\lg C = 14,2 - 10 \cdot n_D + \lg M;$$

$$\lg C = -1,2 - 0,012 \cdot t_{pl} + \lg M;$$

$$\lg C = 0,40 - 0,01 \cdot M + \lg M;$$

$$\lg C = 0,6 - 0,01f_{vir} + \lg M;$$

$$\lg C = 1,6 - 2,2d + \lg M,$$

kur

$M$  ir 30–300;  $d$  ir 0,6–2;  $t_{vir}$  ir 100–300 °C;  $t_{pl}$  ir no –19 °C līdz 180 °C;  $n_D$  ir 1,3–1,6.

Izrādījās, ka šie rādītāji ir saistīti ar bioloģiskās iedarbības spēku. Augsti virstošām organiskajām vielām, kuras var atrasties gaisā aerosolu veidā (piemēram, pesticīdi), ieteicami šādi vienādojumi:

$$C = 0,0008DL_{50}, \text{ mg/kg},$$

kur  $C$  – vielas koncentrācija;

$DL_{50}$  – letālas koncentrācijas rādītājs.

Gaistošiem šķīdinātājiem ar kairinošu iedarbību:

$$C = 1,16 + 0,37 \lg CL_{50} + 0,47 \lg C_{kair},$$

kur  $CL_{50}$  – akūta toksiskuma rādītājs;

$C_{kair}$  – kairinājumu izraisoša koncentrācija.

Kaitīgās vielas toksiskuma pakāpe apdzīvotas vietas atmosfērā aprakstāma ar vienādojumu. QSAR izmantošana ļauj prognozēt toksiskumu strukturāli radniecisku grupu iekšienē, tas ļauj ekonomiskāk noteikt ķīmiskās vielas drošas koncentrācijas līmeni, pilnveidot ārstniecības līdzekļu sintēzi, t. i., tādu, kas ir maztoksiski cilvēkiem un lietojami dzīvniekiem.

$$\lg \frac{C_{20} \text{ mg/l}}{PDK_{atm} \text{ mg/m}^3} = 3,4 - 0,01t_{vir} - 0,82 \lg PDK_{atm}$$

Ķīmisko vielu pieļaujamo koncentrāciju var aprēķināt, izmantojot iepriekš minēto vienādojumu.



## 15. Ķīmisko vielu bīstamība un likumdošana

Mūsdienu sabiedrība dzīvo vidē, kurā katru dienu nākas būt saskarē ar ķīmiskajām vielām, sākot no personīgās higiēnas līdzekļiem un mājsaimniecības produktiem līdz rūpniecībā izmantotajām ķīmiskajām vielām.

Lai arī lielākā daļa ķīmisko vielu padara mūsu ikdienas sadzīvi ērtāku un drošāku, tomēr ir arī ķīmiskās vielas, kas var radīt kaitējumu mūsu veselībai un videi. Pieaugot cilvēku patēriņam, pieaug risks, ko ķīmiskās vielas var izraisīt kaitējumu cilvēku veselībai un videi, tādēļ ir svarīgi ķīmisko vielu ražošanu un lietošanu pārvaldīt ar pienācīgu atbildību.

Ķīmisko vielu un maisījumu droša izmantošana un aprites kontrole Latvijā ir saistīta ar Eiropas Savienības direktīvu prasībām atbilstošu normatīvo aktu izstrādāšanu un regulu piemērošanu. 1998. gada 1. aprīlī Saeimā tika pieņemts **Ķīmisko vielu un ķīmisko produktu likums (no 2009. gada 1. decembra Ķīmisko vielu likums)**, kas nosaka vispārējās prasības, kas jāievēro, veicot darbības ar ķīmiskajām vielām un maisījumiem, kā arī biocīdiem (aktīvās vielas vai maisījumi, kas paredzēti, lai iznīcinātu, atbaidītu, padarītu nekaitīgu, kavētu iedarbību vai citādi ar ķīmiskiem vai bioloģiskiem līdzekļiem iznīcinātu jebkuru kaitīgu organismu).

Saskaņā ar Ķīmisko vielu likumu ir izdoti vairāki Ministru kabineta noteikumi, kas nosaka nepieciešamo izglītības līmeni personām, kuras veic uzņēmējdarbību ar ķīmiskajām vielām; prasības laboratoriju darba kvalitātei un inspicēšanai; prasības ķīmisko vielu un maisījumu uzskaitē; ķīmisko vielu un maisījumu klasificēšanai, iepakojšanai, marķēšanai; prasības veicot darbības ar biocīdiem; nosacījumus ķīmisko vielu lietošanas ierobežojumiem elektriskajās un elektroniskajās iekārtās; prasības rūpniecisko avāriju riska novērtēšanai un riska samazināšanai; prasības par ozona slāni noārdošajām vielām un fluorētajām siltumnīcefekta gāzēm, kas ir aukstuma aģenti; prasības fosfātus saturošu veļas mazgāšanas līdzekļu tirdzniecībai.

Veicot darbības ar ķīmiskajām vielām un maisījumiem ir jāņem vērā šādi Eiropas Savienībā saistoši normatīvie akti:

- Informācija par ozona slāni noārdošām vielām, fluorētām siltumnīcefekta gāzēm un aukstuma aģentiem;
- Eiropas Parlamenta un Padomes 2007. gada 1. jūnija Regula (EK) Nr. 1907/2006 (REACH regula), kas attiecas uz ķīmisko vielu reģistrēšanu, vērtēšanu, licencēšanu un ierobežojumiem. Regulas teksts latviešu un angļu valodā;
- 2009. gada 20. janvārī ir stājusies spēkā Eiropas Parlamenta un Padomes regula (EK) Nr. 1272/2008 par vielu un maisījumu klasificēšanu, marķēšanu un iepakojšanu (CLP regula), ar ko groza un atceļ direktīvas 67/548/EEK un 1999/45/EK un groza regulu (EK) Nr. 1907/2007. Regulas Nr.1272/2008 6. pielikums "Noteiktu bīstamu vielu harmonizētā klasifikācija un marķējums" ir

pieejams latviešu valodā. Palīdzības dienesta funkciju CLP Regulas izpratnē pilda Valsts sabiedrība ar ierobežotu atbildību “Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs” (LVĢMC);

- Eiropas Parlamenta un Padomes regula (ES) Nr. 649/2012 par bīstamo ķīmisko vielu eksportu un importu;
- 2003. gada 1. aprīlī stājās spēkā likums “Par Roterdamas konvenciju par procedūru, saskaņā ar kuru starptautiskajā tirdzniecībā dodama iepriekš norunāta piekrišana attiecībā uz dažām bīstamām ķīmiskām vielām un pesticīdiem”, ar kuru Latvija ratificēja 1998. gada 10. septembra Roterdamas konvenciju par procedūru, saskaņā ar kuru starptautiskajā tirdzniecībā dodama iepriekš norunāta piekrišana attiecībā uz dažām bīstamām ķīmiskām vielām un pesticīdiem. Konvencijā paredzēto saistību izpildi koordinē:
  - 1) Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrija – attiecībā uz ķīmiskām vielām Konvencijas izpratnē;
  - 2) Zemkopības ministrija – attiecībā uz pesticīdiem Konvencijas izpratnē.

Taču arī bez Eiropas Savienības saistošajiem normatīvajiem aktiem ir jāievēro arī Latvijas normatīvie akti, tie ir:

- Ķīmisko vielu likums;
- Ministru kabineta 2013. gada 27. augusta noteikumi Nr. 628 “Prasības attiecībā uz darbībām ar biocīdiem”;
- Ministru kabineta 2010. gada 29. jūnija noteikumi Nr. 575 “Noteikumi par ķīmisko vielu un maisījumu uzskaites kārtību un datubāzi”;
- Ministru kabineta 2013. gada 3. septembra noteikumi Nr. 752 “Valsts sabiedrības ar ierobežotu atbildību “Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs” maksas pakalpojumu cenrādis”;
- Ministru kabineta 2016. gada 1. marta noteikumi Nr. 131 “Rūpniecisko avāriju riska novērtēšanas kārtība un riska samazināšanas pasākumi”;
- Ministru kabineta 2002. gada 3. septembra noteikumi Nr. 398 “Prasības laboratoriju darba kvalitātei un laboratoriju inspicēšanai”;
- Ministru kabineta 2001. gada 23. oktobra noteikumi Nr. 448 “Noteikumi par nepieciešamo izglītības līmeni personām, kuras veic uzņēmējdarbību ar ķīmiskajām vielām un ķīmiskajiem produktiem”;
- Ministru kabineta 2002. gada 12. marta noteikumi Nr. 107 “Ķīmisko vielu un ķīmisko produktu klasificēšanas, marķēšanas un iepakojšanas kārtība”;
- Ministru kabineta 2011. gada 12. jūlija noteikumi Nr. 563 “Noteikumi par īpašiem ierobežojumiem un aizliegumiem attiecībā uz darbībām ar ozona slāni noārdošām vielām un fluorētām siltumnīcefekta gāzēm”;
- Ministru kabineta 2013. gada 5. februāra noteikumi Nr. 84 “Noteikumi par atsevišķu ķīmisku vielu lietošanas ierobežojumiem elektriskajās un elektroniskajās iekārtās”;
- likums “Par piesārņojumiem” 2001. g. 15.03. ar grozījumiem LV 57A 2023 g.23.03., LV 137 A 2022. g. 19.07., LV 248. 2021. g. 23.12.

Dažādu darba vides riska faktoru iedarbības dēļ var būt apdraudēta nodarbināto

drošība un veselība, darba aizsardzības prasību neievērošana var radīt ekonomiskus zaudējumus (piemēram, slimības dēļ zaudētas darba dienas, sabojātas iekārtas). Arī darbs ar ķīmiskajām vielām nav izņēmums – tās var apdraudēt darbinieku drošību un veselību! Saskaroties ar ķīmiskajām vielām, visbiežāk nodarbināto veselība var būt bojāta:

- nelaiemes gadījumu dēļ gūstot dažādus veselības traucējumus (traumas), piemēram, gūstot acu traumu, acī iekļūstot kodīga šķīduma šļakatai, vai ādas apdegumu, ja kodīgais šķīdums nokļūst uz kādas ķermeņa daļas;
- dažādu darba vides riska faktoru iedarbības dēļ gūstot akūtus vai hroniskus veselības traucējumus (arī arodslimības), piemēram, ilgstoši saskaroties ar līmēm, kas satur izocianātus, var attīstīties alerģija vai smagākos gadījumos bronhiālā astma.

Neraugoties uz ražošanas un dažādu pakalpojumu modernizāciju, ķīmiskās vielas un putekļi joprojām ir ikdienišķa parādība gandrīz jebkurā darba vietā. Ķīmiskās vielas izdalās no dažādos darbos izmantotajiem un apstrādātajiem materiāliem un produktiem, piemēram, krāsām krāsošanas laikā, no eļļām, emulsijām, tīrīšanas, attaukošanas un apkopes līdzekļiem, no mazgāšanas un dezinfekcijas līdzekļiem, lakām, gruntīm, špaktelēm un daudziem citiem izmantotajiem produktiem. Lietotās vielas var gan uzsūkties caur ādu (piemēram, strādājot bez piemērotiem cimdiem, mazgājot rokas vai detaļas ar šķīdinātājiem), gan ieelpojot (piemēram, dažādi aerosoli vai eļļošanas šķidrums, laku un krāsu komponentes). Svarīgākās ķīmisko vielu grupas, ar kurām visbiežāk var saskarties nodarbinātie.

- **Rotējošu iekārtu darbības dēļ radušies aerosoli.** Piemēram, veicot metālapstrādi (virpošana, frēzēšana u. c. darbi), metāla virsmu dzesēšanai tiek lietota eļļas emulsija. Darba vides gaisā nokļūst sīki eļļas pilieniņi, kas veido eļļas aerosolu. Aerosola sastāvā ir gan minerāleļļa, gan konservanti, gan vielas, kas novērš metāla koroziju. Tās var izraisīt augšējo elpošanas ceļu un acu gļotādas kairinājumu, ādas sausumu un plaisāšanu. Nereti par konservantu izmanto formaldehīdu, kas ir kancerogēns (rada risku saslimt ar audzēju) un var veicināt alerģijas attīstīšanos.
- **Metināšanas procesā radušies aerosoli un gāzes.** Metināšanas laikā izdalījušies metināšanas aerosoli var būt īpaši bīstami, jo to sastāvā var būt dažādu metālu oksīdi, kas ietilpst metāla sastāvā, sadegušās krāsas un lakas daļiņas, kā arī gāzes: ozons, slāpekļa oksīdi, oglekļa monoksīds jeb tvana gāze. Metināšanas aerosoli un gāzes iekļūst dziļi plaušu audos, bieži izraisot t. s. metinātāju drudzi (akūtu plaušu reakciju uz izkusušajām un bieži toksiskajām metāla daļiņām – šīs slimības simptomi atgādina akūtu saaukstēšanos), kā arī hroniskas plaušu un elpošanas ceļu slimības.
- Dažādi **šķīdinātāji** (gaistoši organiskie savienojumi). Šī produktu grupa ir plaši izplatīta būvniecības, metālapstrādes, kokapstrādes, ķīmijas ražošanas nozarēs, jo šķīdinātāji ietilpst plašā produktu klāstā (gruntis, špaktelēs, krāsās, lakās), savukārt tīrus šķīdinātājus izmanto produktu atšķaidīšanai, detaļu virsmu attaukošanai, virsmu sagatavošanai krāsošanas darbiem un

daudzām citām vajadzībām. Šķīdinātāju koncentrācija šajos darbos mēdz būt dažāda, un to ietekmē lietotā darba tehnika. Tā, piemēram, krāsošanu var veikt ar rullīti vai pulverizatoru. Ja lieto pulverizatoru, šķīdinātāju koncentrācija darba vides gaisā būs lielāka. Bistama ir arī šķīdinātāju izmantošana roku mazgāšanai. Kaut gan saskares laiks nav ilgs un tādējādi to koncentrācija gaisā ir nelieta, tomēr jāatceras, ka ķīmisko vielu iedarbība caur ādu var būt īpaši bīstama, jo tās ātri uzsūcas un ar asinīm var nokļūt dažādos orgānos (piemēram, aknās un centrālajā nervu sistēmā).

- **Dezinfekcijas līdzekļi** ir ierasta lieta sabiedriskās ēdināšanas sektorā, pārtikas ražošanas un tirdzniecības vietās, veselības aprūpē, izglītības iestādēs, veicot tīrīšanas un uzkopšanas pakalpojumus. Daudzas produktu sastāvā esošās vielas saskarē ar ādu var izraisīt ādas iekaisumu, niezi, izsitumus un dermatītu. Dažas no tām var būt kaitīgas acīm. Nekad nepievieno ķīmiskas vielas (piemēram, etiķskābi, sērskābi, sāļsskābi) koncentrātiem, kas satur balinātāju (nātrija hipohlorītu)! Ķīmiskajā reakcijā var izdalīties bīstama gāze – hlors, kas izraisa gļotādu vai elpošanas ceļu kairinājumu un pat nosmakšanu.
- **Stipras skābes un stipri sārmī.** Pie stiprām skābēm pieskaitāma sāļsskābe, sērskābe, fosforskābe, slāpekļskābe, citronskābe, pie stipriem sārmīem – kālija hidroksīds, nātrija hidroksīds, kalcija hidroksīds. Šīs vielas sastopamas akumulatoru elektrolītos, metālu virsmu kodināšanas šķīdumos apstrādei pirms pulverkrāsošanas, pārtikas nozarē – dažādu cauruļvadu sistēmu tīrīšanas līdzekļos. Organismam nonākot saskarē ar koncentrētām šīs grupas vielām, visbiežākais iznākums ir smags ķīmisks ādas un gļotādu apdegums. Atšķaidītā veidā šīs vielas rada ādas un gļotādu kairinājumu. Īpaši uzmanīgi jādarbojas ar nātrija hidroksīdu (kaustisko sodu) un sērskābi. Sajaucot ar ūdeni, tie var spēji izšļakstīties. Skābju un sārmu šļakatām nonākot acīs, var iestāties aklums.

Tāpēc ieteicams izvēlēties tādu ražošanas tehnoloģiju, kurā jāizmanto pēc iespējas mazāks skaits un apjoms ķīmisko vielu, kā arī jāizvēlas pēc iespējas mazāk kaitīgas vielas. Tāpat prioritāte ir nodrošināt dažādu kolektīvo aizsardzības līdzekļu lietošanu, piemēram, efektīvas ventilācijas sistēmas ierīkošana un lietošana. Tomēr daudzos gadījumos jālieto arī individuālie aizsardzības līdzekļi. Svarīgākie aizsardzībai pret ķīmiskajām vielām ir aizsargapģērbs, cimdi, aizsargbrilles un respirators.

**Aizsargapģērbs** ir izstrādāts, lai nodrošinātu aizsardzību pret konkrētiem riskiem. Tam ir jābūt īpaši pielāgotam aizsardzībai pret attiecīgo riska faktoru vai faktoriem un jāaizsargā cilvēka ķermenis. Ir pieejami ļoti dažādi aizsargapģērbi. Pie aizsargapģērbiem, kas nodrošina ādas aizsardzību, pieskaitāmi šādi:

- aizsargapģērbs aizsardzībai pret mehāniskām traumām (urbjot, griežot, frēzējot);
- aizsargapģērbs darbam ar motorzāģi;
- aizsargapģērbs aizsardzībai pret ķīmiskām vielām un ķīmiskiem produktiem;
- aizsargapģērbs aizsardzībai pret kausētiem metāliem un infrasarkanā starojumu;

- karstumizturīgs vai termisks aizsargapģērbs;
- aizsargapģērbs aizsardzībai pret putekļiem;
- gāzu necaurīdīgs aizsargapģērbs.

**Aizsargcimdi** var būt ļoti dažādi gan pēc to uzbūves, gan īpašībām. Tāpat kā aizsargapģērba, arī aizsargcimdus ražotāja pienākums ir nodrošināt viegli atpazīstamu marķējumu, lai būtu saprotams, no kādiem riskiem cimdi spēj pasargāt.

Izvēloties aizsargcimdus, ir jāiepazīstas ar ražotāja sniegto aizsargcimdus raksturojumu un lietošanas instrukciju. Ķīmiskās vielas var izspiesties cauri jebkuram cimdā, taču ātrums, kādā tas notiek, ir atkarīgs no cimdā materiāla un biezuma, maisījuma ķīmiskā sastāva, koncentrācijas un eksponēšanas laika. Butila un neoprēna cimdi ir izturīgi pret daudzām ķīmiskajām vielām, piemēram, spirtiem, aldehīdiem, ketoniem, lielāko daļu neorganisko skābju un sārmu. Polivinilhlorīda (PVC) cimdi aizsargā no sārmu (piemēram, kālija hidroksīda, nātrija hidroksīda), organiskām skābēm (piemēram, skudrskābes, pienskābes, skābeņskābes) un neorganiskām skābēm (piemēram, sālsskābes, fosforskābes, sērskābes), neorganiskiem sāļiem (piemēram, amonija nitrāta, dzelzs hlorīda, kālija permanganāta), bet nav piemēroti aizsardzībai no organiskajiem šķīdinātājiem (piemēram, benzīna, benzola, toluola, ksilola, terpentīna, pentāna, perhloretilēna, acetona).

**Sejas un acu aizsardzības līdzekļi** – aizsargbrilles, sejas maskas un vairogi – ir būtiski drošai rīcībai ar ķīmiskām vielām un maisījumiem. Strādājot ar ķīmiskām vielām vai maisījumiem, darba vietās vai pārkraušanas un glabāšanas vietās ieteicams tos valkāt visu laiku. Ja pastāv šķakatu veidošanās iespējas un tiek apdraudēta seja, piemēram, veicot koncentrētu vielu atšķaidīšanu, jāizmanto sejas vairogs. Ja ķīmiskās vielas veido tvaikus vai aerosolus, kas var ievainot acis, tad jāizmanto sejas vairogs kopā ar cieši pieguļošām aizsargbrillēm vai pilnā sejas maska. Ja lietojat redzes korekcijas kontaktlēcas, jāvalkā pieguļošas aizsargbrilles. Parastās redzes korekcijas brilles nav uzskatāmas par aizsargbrillēm. Tās nenodrošina aizsardzību pret šķakātām, un to ķīmiskā izturība var nebūt pietiekama. Taču optiskās brilles iespējams lietot kopā ar aizsargbrillēm vai OTG aizsargbrillēm (OTG – *over the glasses*; tulkojumā no angļu val. – virs brillēm).

Situācijās, kad ventilācijas sistēma nav pietiekami efektīva, darba vides gaisā dažādu darbību dēļ var nokļūt veselībai bīstamas vielas, tāpēc jāizmanto kāds no elpošanas ceļu aizsardzības līdzekļiem, proti, respirators, pusmaska, pilnā sejas maska vai elpošanas aparāts.

**Respiratori** sniedz aizsardzību tikai un vienīgi pret putekļiem. Visa to virsmas struktūra ir veidota un darbojas kā filtrējošais elements – tie neaizsargā pret ķīmiskajām vielām! Savukārt pusmaskām un pilnajām sejas maskām filtrējošie elementi ir atsevišķi pievienoti pretputekļu un/vai gāzes filtri, kurus iespējams kombinēt atkarībā no nepieciešamās aizsardzības. Ķīmiskie filtri tiek iedalīti pēc kaitīgo vielu tipa un aizsardzības klases. Piemēram, A tipa filtrs ar kodu brūnā krāsā piemērots krāsu un laku sastāvos esošo organisko šķīdinātāju (n-butanola, ksilola, heksāna u. c.) tvaiku aizturēšanai. K tipa filtrs ar kodu zaļā krāsā paredzēts amonjaka tvaiku aizturēšanai.

## LITERATŪRA

1. 7+ Revealing Plastic Waste Statistics (2021). Pieejams: <https://recyclecoach.com/resources/7-revealing-plastic-waste-statistics-2021/>
2. Ahamed Kameel N.I., Wan Daud W.M.A., Abdul Patah M.F., Mohd Zulkifli N.W. (2022). Influence of reaction parameters on thermal liquefaction of plastic wastes into oil: A review. *Energy Convers. Manag.*, 14, 100196.
3. *Darba aizsardzības likums* (2002) [tiešsaiste]. LR likums, pieņemts Rīgā 2001. gada 20. jūnijā, Latvijas Vēstnesis, interneta vietne Likumi.lv [skatīts 2023. gada 20. janvārī]. Pieejams: <https://likumi.lv/ta/id/26020-darba-aizsardzibas-likums>
4. *Darba aizsardzības prasības darba vietās* (2010) [tiešsaiste]. LR Ministru kabineta noteikumi Nr. 359, pieņemti Rīgā 2009. gada 28. aprīlī, Latvijas Vēstnesis, interneta vietne Likumi.lv [skatīts 2023. gada 20. janvārī]. Pieejams: <https://likumi.lv/ta/id/191430-darba-aizsardzibas-prasibas-darba-vietas>
5. *Darba aizsardzības prasības, saskaroties ar bioloģiskajām vielām* (2003) [tiešsaiste]. LR Ministru kabineta noteikumi Nr. 189, pieņemti Rīgā 2002. gada 21. maijā, Latvijas Vēstnesis, interneta vietne Likumi.lv [skatīts 2023. gada 20. janvārī]. Pieejams: <https://likumi.lv/ta/id/62417-darba-aizsardzibas-prasibas-saskaroties-ar-biologiskajam-vielam>
6. *Darba aizsardzības prasības, saskaroties ar kancerogēnām vielām darba vietās* (2008) [tiešsaiste]. LR Ministru kabineta noteikumi Nr. 803, pieņemti Rīgā 2008. gada 29. septembrī, Latvijas Vēstnesis, interneta vietne Likumi.lv [skatīts 2023. gada 20. janvārī]. Pieejams: <https://likumi.lv/ta/id/181871-darba-aizsardzibas-prasibas-saskaroties-ar-kancerogenam-vielam-darba-vietas>
7. *Darba aizsardzības prasības saskarē ar ķīmiskajām vielām darba vietās* (2007) [tiešsaiste]. LR Ministru kabineta noteikumi Nr. 325, pieņemti Rīgā 2007. gada 15. maijā, Latvijas Vēstnesis, interneta vietne Likumi.lv [skatīts 2023. gada 20. janvārī]. Pieejams: <https://likumi.lv/ta/id/157382-darba-aizsardzibas-prasibas-saskare-ar-kimiskajam-vielam-darba-vietas>
8. *Darba aizsardzības prasības darbā ar ķīmiskām vielām un maisījumiem* (2017). Rīgas Stradiņa universitāte. Darba drošības un veselības institūts. Nr. 329-2017 [skatīts 2023. gada 20. janvārī]. Pieejams: [http://stradavesels.lv/Uploads/2018/03/20/329\\_2017\\_Atgadne\\_stradajot\\_ar\\_kimiskam\\_vielam.pdf](http://stradavesels.lv/Uploads/2018/03/20/329_2017_Atgadne_stradajot_ar_kimiskam_vielam.pdf)
9. Eglīte M. *Darba medicīna*. Rīga, RSU, 2012. – 834 lpp.
10. Eiropas komisija (2012). Bīstamības simboli veselības aizsardzība un darba drošība. Pieejams: [https://ec.europa.eu/taxation\\_customs/dds2/SAMANCTA/LV/Safety/SymbolsOfHazard\\_LV.htm](https://ec.europa.eu/taxation_customs/dds2/SAMANCTA/LV/Safety/SymbolsOfHazard_LV.htm)
11. Eiropas Parlamenta un Padomes Regula EK Nr.1272/2009 “Par vielu un maisījumu klasificēšanu, marķēšanu un iepakojšanu (CLP).
12. Eiropas Savienības Oficiālais Vēstnesis (2007). EIROPAS PARLAMENTA UN PADOMES REGULA (EK) Nr. 1907/2006. (2006. gada 18. decembris). Pieejams: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:136:0003:0280:lv:PDF>

13. Evode N., Qamar S.A., Bilal M., Barceló D., et al. (2021). Plastic waste and its management strategies for environmental sustainability. *Case Stud. Chem. Environ. Eng.*, 4, 100142.
14. Global plastic production. Pieejams: <https://www.statista.com/statistics/282732/global-production-of-plastics-since-1950/>
15. Handbook of the toxicology of metals. Friberg, L; Harberg, G.F.; Nouk, V. (1979). Elsevier International Scientific Publikation company. Amsterdam.
16. Ilyas M., Ahmad W., Khan H., Yousaf S., et al. (2018). Plastic waste as a significant threat to environment - A systematic literature review. *Rev. Environ. Health*, 33(4), 383–406.
17. Ķīmisko vielu likums (1999) [tiešsaiste]. LR likums, pieņemts Rīgā 1998. gada 01. aprīlī, Latvijas Vēstnesis, interneta vietne Likumi.lv [skatīts 2023. gada 20. janvārī]. Pieejams: <https://likumi.lv/ta/id/47839-kimisko-velu-likums>
18. Ķīmisko vielu un maisījumu uzskaites kārtība un datubāze (2016) [tiešsaiste]. LR Ministru kabineta noteikumi Nr. 795, pieņemti Rīgā 2015. gada 22. decembrī, Latvijas Vēstnesis, interneta vietne Likumi.lv [skatīts 2023. gada 20. janvārī]. Pieejams: <https://likumi.lv/ta/id/279100-kimisko-velu-un-maisijumu-uzskaites-kartiba-un-datubaze>
19. Liguts V. (2002). *Toksikoloģijas rokasgrāmata*. Rīga: Nacionālais medicīnas apgāds, 1070. lpp.
20. Lithner D. (2011). Environmental and health hazards of chemicals in plastic polymers and products.
21. Marine plastic pollution. Pieejams: <https://www.iucn.org/resources/issues-briefs/marine-plastic-pollution>.
22. Noteikumi par atsevišķu bīstamu ķīmisku vielu lietošanas ierobežojumiem elektriskajās un elektroniskajās iekārtās (2013) [tiešsaiste]. LR Ministru kabineta noteikumi Nr. 84, pieņemti Rīgā 2013. gada 05. februārī, Latvijas Vēstnesis, interneta vietne Likumi.lv [skatīts 2023. gada 20. janvārī]. Pieejams: <https://likumi.lv/ta/id/255230-noteikumi-par-atsevisku-kimisku-velu-lietosanas-ierobezojumiem-elektriskajas-un-elektroniskajas-iekartas>
23. Rūpniecisko avāriju riska novērtēšanas kārtība un riska samazināšanas pasākumi (2016) [tiešsaiste]. LR Ministru kabineta noteikumi Nr. 131, pieņemti Rīgā 2016. gada 01. martā, Latvijas Vēstnesis, interneta vietne Likumi.lv [skatīts 2023. gada 20. janvārī]. Pieejams: <https://likumi.lv/ta/id/280652-rupniecisko-avariju-riska-novertesanas-kartiba-un-riska-samazinasanas-pasakumi>
24. Moller N., Hansson S. (2017). *Handbook of Safety Princiles*. Wiley.
25. Occupational Safety and Healthat Work( EASHW): Pieejams: <https://www.osha.gov>
26. Par standarta LVS 89:2004 “Ķīmisko vielu aroda ekspozīcijas robežvērtības darba vides gaisā” būtiskajām prasībām (2005) [tiešsaiste]. Ekonomikas Ministrija, [skatīts 2023. gada 20. janvārī]. Pieejams: <https://www.vestnesis.lv/ta/id/116906>
27. Plastic planet: How tiny plastic particles are polluting our soil. Pieejams: <https://www.unep.org/news-and-stories/story/plastic-planet-how-tiny-plastic-partic>



*les-are-polluting-our-soil*

28. Rocha-Santos P., Luísa A., Da Silva P., Huang S., et al. (2022). Plastic Waste Management Strategies and Their Environmental Aspects: A Scientometric Analysis and Comprehensive Review. *Int. J. Environ. Res. Public Heal.* 19(8), 4556.
29. Qureshi M.S., Oasmaa A., Pihkola H., Deviatkin I., et al. (2020). Pyrolysis of plastic waste: Opportunities and challenges. *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, 152, 104804.
30. Tarley's Health and Safety at Work. (2022). Wiley. ISBN: 9781474317993
31. Вредные химические вещества. Справочник 1-4 тома. под ред. В.И.Филова. Ленинград. Химия. 1989.



## Alfabētiskais rādītājs

### Simboli

- 1,2,3-trihlorpropāns 85
- 1,2-dihloretilēns 86
- 1,3-dihlorpropēns 86

### A

- Acetaldehīds 123
- Acetons 131
- Adipīnskābe 117
- Akroleīns 125
- Aldehīdi 123
- Alifātiskās dikarbonskābes 115
- Alilsavienojumi 92
- Alkēni 80
- Amilspirti 107
- Anhidrīdi 120
- Aromātiskie ogļūdeņraži 94
- Aromātiskie spirti 108
- Arsēns 53
  - organiskie savienojumi 54
- Arsēnskābe 54

### B

- Baldriānskābe 112
- Benzidīns 141
- Benzols 95
- Benzosulfoskābe 119
- Berilijs un tā savienojumi 51
- Bīstamība 6
  - bioloģiskā 8
  - fiziskā 6
  - ķīmiskā 9
  - videi bīstamas vielas 13
- Brīdinājumi sk. marķēšana 14
- Bromētie alifātiskie ogļūdeņraži 88
- Butanols 104

### C

- Cēzijs 48
- Cianīdi 153
- Cikloheksanols 106
- Cikloheksanons 135

### D

- Diacetonspirts 134
- Diagnostika 196
  - īpatnības 197
  - klīniskā 196
  - laboratorā 196
- Dikarbonskābes 115
- Drošības datu lapa 17

### E

- Elastomēri 181
- Epoksīdsveķi 178
- Etanols 101
- Etiķete 15
- Etiķskābe 114
  - aminoetiķskābe 118
  - anhidrīds 120
  - halogēnetiķskābe 117
  - sulfoetiķskābe 118
  - tioetiķskābe 119

### F

- Fenilēndiamīni 145
- Fenola formaldehīda sveķi 174
- Fenoli 108
- Fluoršpats 52
- fluorūdeņražskābe 73

### G

- Ģipsis 52
- Glikolskābe 118

## H

- Halogēnaizvietotie alifātiskie ogļūdeņraži 81
  - bīstamība 82
- Halogēnaizvietotie ogļūdeņraži 90
- Halogēni 55
- Heksahloretāns 85
- Heptānskābe 112
- Hloretāns 84
- Hloretiķskābes aldehīds 128

## I

- Indes higiēniskā klasifikācija 195

## J

- Jodētie alifātiskie ogļūdeņraži 90

## K

- Kairinošās vielas 9
- Kalcijs 52
  - fosfāts 52
  - hidroksīds 76
  - hlorīds 52
  - nitrāts 53
  - sulfīts 53
- Kālijs 47
  - hlorīds 48
- Kancerogēnās vielas 10
- Kaprīliskābe 112
- Kapronskābe 112
- Karboksilftālskābes anhidrīds 122
- kaučuki 182
- Kaučuki 182
- Ketāli 129
- Ketoni 130
- Kodīgās vielas 9
- Kopolimēri 170
  - vinilacetātv 170
  - vinilhlorīds 170
  - vinilidēnhlorīds 170
- Krotonskābes aldehīds 127
- Ksilidīns 147
- Ksilols 98

- Kumols 99

## L

- Laurīlskābe 113
- Litijs 48
  - hidrīds 49

## M

- Maleīnskābe 116
  - anhidrīds 121
- Marķēšana 14
- Melamīna formaldehīda sveķi 174
- Membrānas 201
- Merkaptopropionskābe 119
- Metāli 39
  - sārnu metāli 45
- Metanols 102
- Metil-3-heptanons 134
- Metilāls 129
- Metiletīlketons 133
- Metilizobutīlketons 134
- Metil-n-amīlketons 134
- Metil-n-propīlketons 133
- Mezītiloksīds 135
- m-fenilēndiamīns 145
- Monokarbonskābes 112

## N

- Naftalīns 94
- Naftēnskābes 119
- Naftilamīni 143
- Nātrijs 45
  - fosfāts 46
  - hidroksīds 76
  - hidrosulfīts 47
  - metabisulfīts 47
  - peroksīds 46
  - silikāts 46
- Nemetāli 53
  - veselībai bīstamie 53
- n-fenilnaftilamīni 145
- Nitrāti 75
- Nitrīdi 153
- Nitroolefīni 149

N-nitrozosavienojumi 147  
 nitrozamīdi 147  
 nitrozamīni 147

## O

Oglekļa oksīds 61  
 Oglūdeņraži 78  
 nepiesātinātie 78  
 Oksidēšana 11  
 elektrolītiskā 11  
 Oksidēšanās 60  
 reducēšanās potenciāls 59  
 Oksidētāji 10, 58  
 Olefini 80  
 Organiskās skābes 112  
 Organiskās vielas 78  
 Ozons 57

## P

Palmitīnskābe 113  
 Pelargonskābe 112  
 Pentahloretāns 85  
 Pentanols 106  
 Perhlorvinils 170  
 Pienskābe 118  
 Pirokatehīns 110  
 Poliakrilonitrils 173  
 Poliesteri 179  
 lineārie 180  
 nepiesātinātie 181  
 Polietilēns 163  
 hlorētais 163  
 sulfohlorētais 164  
 Poliiizobutilēns 164  
 Polikondensācijas sveķi 173  
 Polimēri 162  
 Polimerizācijas sveķi 162  
 Polinitroparafīni 149  
 Polipropilēns 164  
 Polistirols 165  
 Politetrafluoretilēns 171  
 Politrifluorhloretilēns 171  
 Polivinilacetāli 167  
 Polivinilacetāts 166

Polivinilhlorīds 168  
 Polivinilidēnhlorīds 170  
 Polivinilspirts 167  
 Propanols 103  
 Propēni 86  
 Propionskābe 114  
 Putekļi 30  
 alerģiska iedarbība 37  
 bīstamība 32  
 fibrogēnā iedarbība 37  
 iedarbība uz ādu 38  
 kairinoša iedarbība 37  
 kancerogēna iedarbība 38  
 klasifikācija 30  
 vispārtoksiska iedarbība 38

## R

Radiācija 12  
 jonizējošā 12  
 Reakcijas 11  
 bīstamas 12  
 eksotermiskas 12  
 Rezorcīns 110  
 Risks 29  
 novērtēšana 29

## S

Saindēšanās diagnostika 196  
 ar arsēnu 196  
 ar smagajiem metāliem 196  
 Sālsskābe 72  
 Sārmi 75  
 Sēra dioksīds 64  
 Sēra trioksīds 65  
 Sērskābe 70  
 Sērūdeņradis 74  
 Skābeņskābe 116  
 Skudrskābe 113  
 Slāpekļa dioksīds 67  
 Slāpekļa(I) oksīds 66  
 Slāpekļa oksīdi 65  
 Slāpekļa oksīds 66  
 Slāpekļa trioksīds 66  
 Slāpekļa(V) oksīds 67

smieklu gāze 66  
Sorbīnskābe 118  
Spirti 101  
Stearīnskābe 113  
Stirols 97  
Sviestskābe 112  
    aldehīds 127  
Sviestskābes aldehīds 127

## T

Toksikokinētika 200  
Toksikoloģija 194  
Toksikometrija 206  
Toksiskas vielas 12  
Toksiskās vielas 201  
    absorbcija 202  
    fizikāli ķīmiskās īpašības 201  
    izdalīšanās 205  
    sadalīšana 205  
    uzsūkšanās 203  
    vadīšana 204  
Toksiskums 207  
Toluidīni 146

    hlortoluidīni 146  
    o-toluidīns 146  
    p-toluidīns 146  
Toluoldiamīni 147  
Toluols 96  
Trihlortriazīns 156

## U

    Ūdeņradis 55  
    Ūdeņraža azīds 68  
Ugunsbīstamās vielas 158  
Urīnvielas formaldehīda sveķi 173  
Uzliesmojoši šķidrums 7

## V

Vaniļa 126  
Vanilīns 126  
Varš 49  
    ditionāts 50  
    oksīdi 50  
    sulfīdi 50