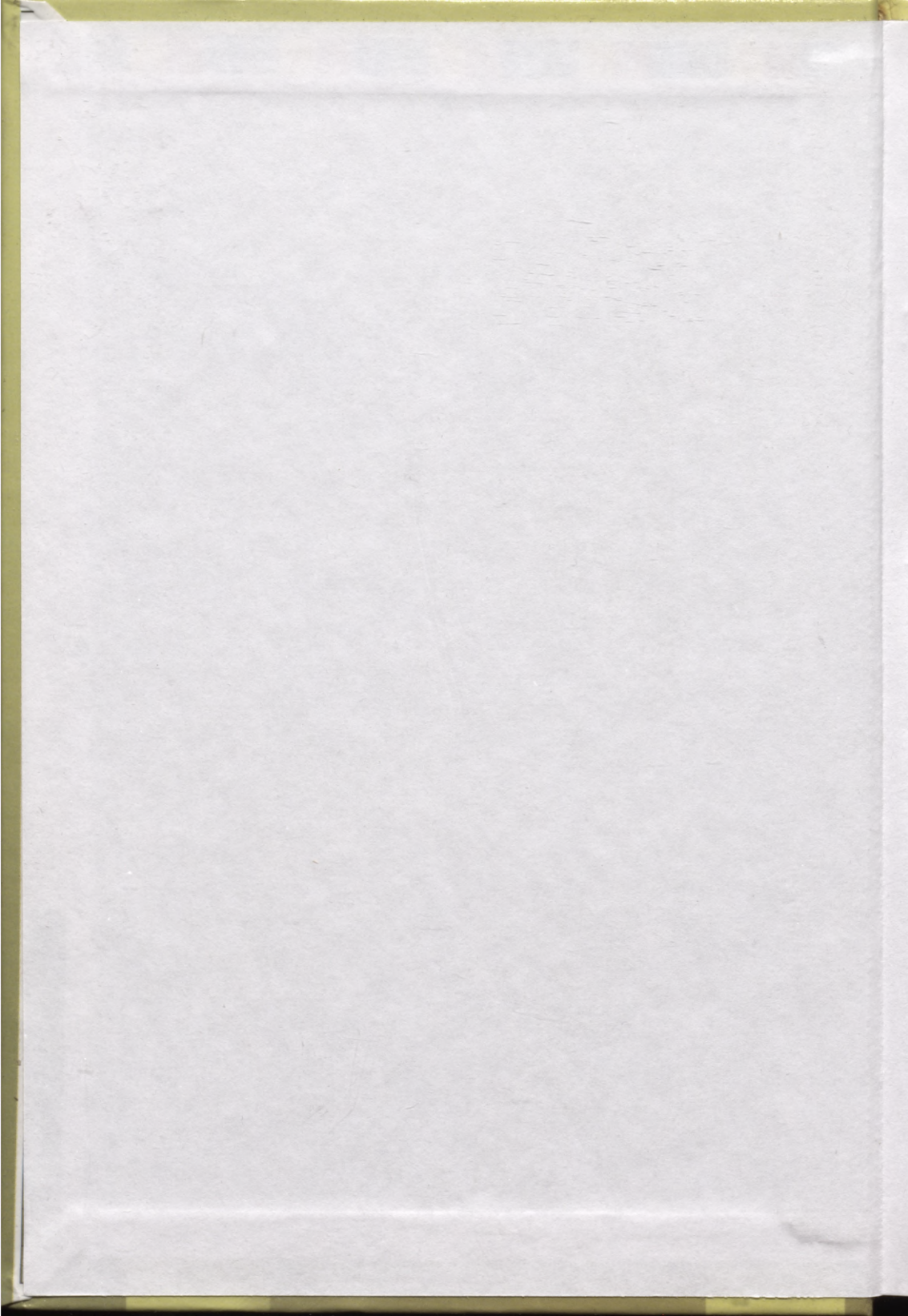


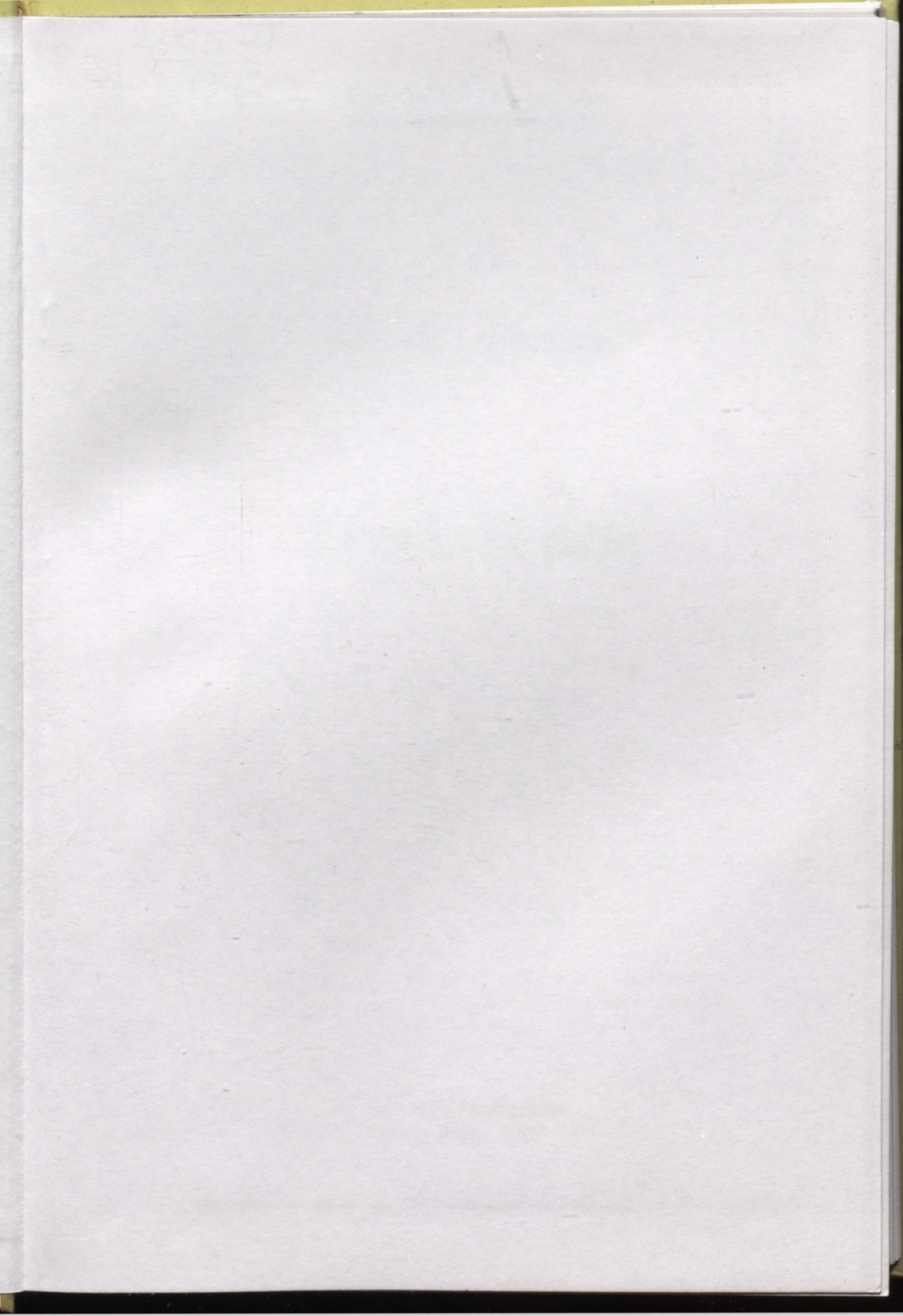
RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE
SILIKĀTU MATERIĀLU INSTITŪTS

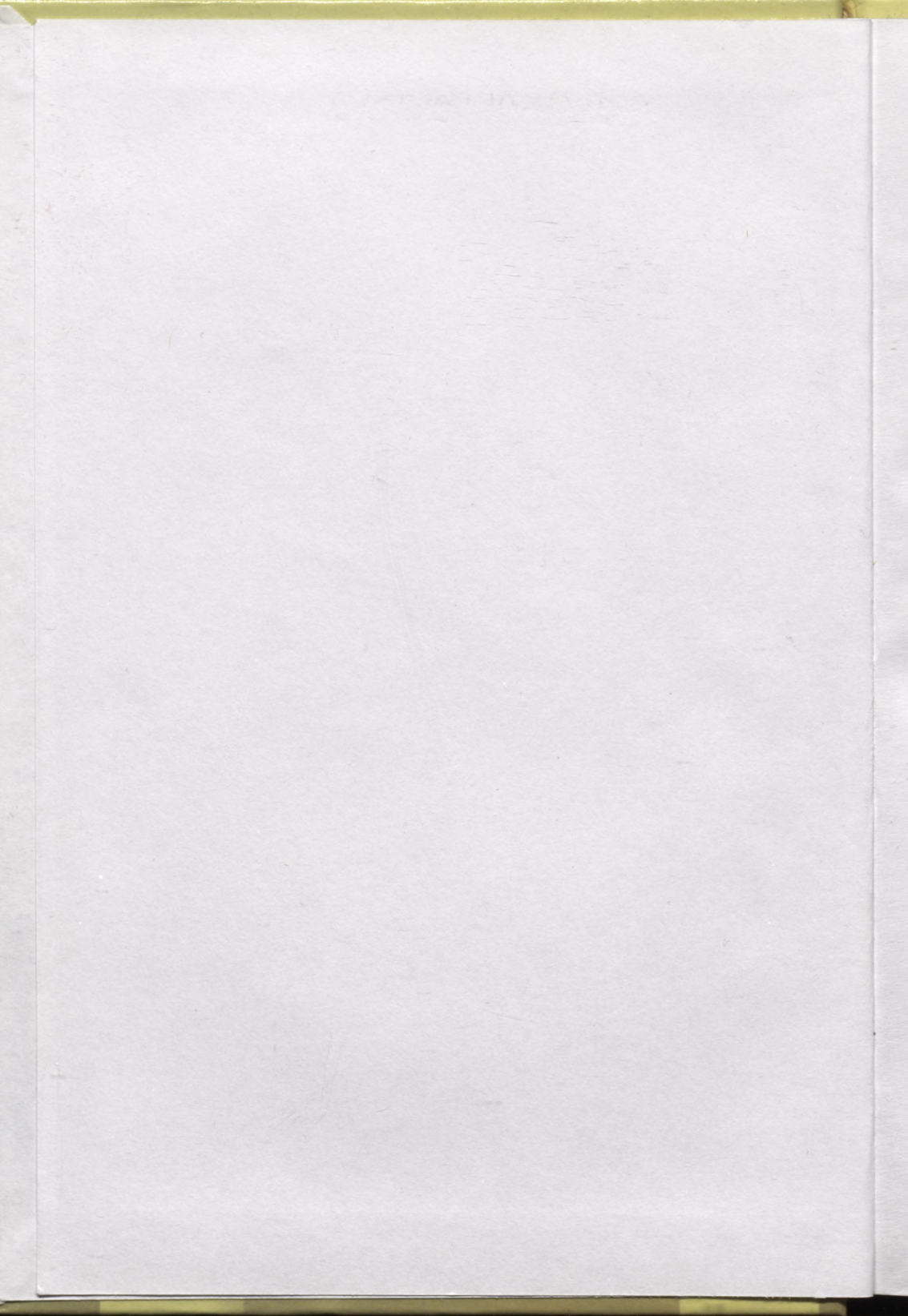
U. Sedmalis, I. Šperberga



MINERALOĢIJA







2005-4
L 156

Rīgas Tehniskā universitāte
Silikātu materiālu institūts

281184

L
5

U.Sedmalis, I.Šperberga

MINERALOĢIJA

RTU Izdevniecība
Rīga – 2005

0305042633

Grāmatā „Mineralogija” aprakstīti Zemes garozā atrodamie cietie neorganiskie homogēnie veidojumi ar noteiktu ķīmisko sastāvu, struktūru un īpašībām. To kopskaits pašlaik ir ap 3000. Šie veidojumi sastopami atsevišķu dabisku monokristālu, kristālisku graudu, vai to agregātu veidā, resp., minerālu veidā (no latīņu valodas minera tulkojumā nozīmē rūdas gabalu). Savukārt, mācību un zinātni par minerāliem sauc par mineralogiju.

Grāmatai ir divas nodaļas – vispārīgā mineralogija un sistematiskā mineralogija. Vispārīgās mineralogijas nodaļā dots pašreizējais priekšstats par minerāla jēdzienu, minerālu veidošanās procesiem, minerālu ārējo formu un iekšējo uzbūvi, un to savstarpējo sakarību, kā arī minerālu īpašībām saistībā ar ķīmisko sastāvu un uzbūvi. Sistematiskās mineralogijas nodaļā doti pašreizējo minerālu klasifikācijas pamatprincipi un 200 minerālu un to savdabju apraksts.

Grāmata „Mineralogija” domāta kā mācību grāmata dabaszinātņu un inženierzinātņu studentiem, kuru interešu lokā ir Zemes garozā sastopamie minerāli (derīgie izrakteņi), kā arī to izmantošanas iespējas. Grāmata var būt noderīga arī jebkuram lasītājam, kas interesējas par minerāliem un to izmantošanu tautsaimniecībā.

Grāmata satur 23 tabulas, 201 attēlu, 4 pielikumus, šajā grāmatā izmantoti 25 bibliogrāfijas avoti.

**Latvijas Nacionālā
bibliotēka**

Recenzenti: Dr.geol. V.Hodireva
Dr.geol. Ģ.Stinkulis

Vāku izstrādājis Ģirts Rozenbergs

Darbs iespiests saskaņā ar RTU MĶF SMI 2004.gada 17.novembra sēdes lēmumu. Protokols Nr. 2.

ISBN 9984-32-777-9

© Rīgas Tehniskā universitāte, 2005.g.
© U.Sedmalis, 2005.g.
© I.Šperberga, 2005.g.

SATURS

IEVADS	9
1. VISPĀRĪGĀ MINERALOĢIJA	10
1.1. Mineraloģijas attīstības vēsture	10
1.2. Mineraloģijas nozīme	11
1.3. Minerāla jēdziens un mineraloģijas priekšmets	12
1.4. Mineraloģijas vieta citu ģeoloģisko zinātņu vidū	14
1.5. Minerālu veidošanās un mineraloģijas fāžu likums	15
1.5.1. Vienkomponentu sistēmas	16
1.5.1.1. Sēra (S) sistēma	16
1.5.1.2. SiO ₂ sistēma	17
1.5.2. Divkomponentu sistēmas	18
1.5.2.1. Sistēma gelenīts – anortīts	21
1.5.2.2. Cietie šķīdumi divkomponentu sistēmās	22
1.5.2.3. Noslāņošanās jeb likvācija	24
1.5.3. Kristalizācija trīskomponentu sistēmā	24
1.5.3.1. Trīskomponentu sistēma bez ķīmisko savienojumu un cieto šķīdumu veidošanās	27
1.5.3.2. Trīskomponentu sistēma špinelis – forsterīts – leicīts	27
1.6. Minerālu ģenēze	28
1.7. Minerālu veidošanās ģeoloģiskie procesi	33
1.7.1. Magma	34
1.7.2. Minerālu veidošanās endogēnie procesi	36
1.7.2.1. Tiešā magmatiskā stadija	36
1.7.2.2. Pegmatīta stadija	39
1.7.2.3. Pneimatolītiski – hidrotermālā (postmagmatiskā jeb pēcmagmatiskā) stadija	43
1.7.2.4. Hidrotermālie procesi	45
1.7.3. Minerālu veidošanās eksogēnie procesi	48
1.7.3.1. Dēdēšanas procesi un minerāli	48
1.7.3.2. Nogulsņēšanas procesi un minerāli	56
1.7.4. Minerālu veidošanās metamorfisma procesā	58
1.7.5. Kosmogēnie minerālu veidošanās procesi	62
1.7.5.1. Meteorītu iedalījums pēc sastāva un struktūras ...	63
1.7.5.2. Mēness mineraloģiskais sastāvs	65
1.7.6. Minerālu veidošanās procesu kopsavilkuma shēmas	66
1.7.6.1. Endogēnais process	66
1.7.6.2. Eksogēnais process	67
1.7.6.3. Metamorfais process	68
1.8. Minerālu morfoloģija	69
1.8.1. Minerālu kristālu morfoloģija	69
1.8.2. Minerālu agregāti	71

1.8.3.	Galvenie minerālu agregātu tipi	71
1.9.	Minerālu fizikālās īpašības	77
1.9.1.	Blīvums jeb īpatnējā masa	78
1.9.2.	Cietība	80
1.9.3.	Skaldnība	82
1.9.4.	Lūzums	83
1.9.5.	Izturība	83
1.9.6.	Siltumvadāmība	85
1.9.7.	Daži jēdzieni no mācības par magnētismu	85
	1.9.7.1. Minerālu magnētiskās īpašības	87
	1.9.7.2. Magnētisko īpašību izpausmes shematisks skaidrojums saistībā ar minerālu kristālu struktūru	88
1.9.8.	Pjezoelektrība	90
1.9.9.	Piroelektrība	91
1.9.10.	Minerālu optiskās īpašības	91
	1.9.10.1. Elektromagnētiskās svārstības	91
	1.9.10.2. Harmoniskas svārstības	92
	1.9.10.3. Gaismas atstarošana un laušana	93
	1.9.10.4. Dabīgā un polarizētā gaisma	94
	1.9.10.5. Staru dubultlaušana	95
	1.9.10.6. Spīdums	101
	1.9.10.7. Gaismas caurlaidība (caurspīdīgums)	102
	1.9.10.8. Minerālu krāsa	102
	1.9.10.9. Svītras krāsa	103
1.10.	Ķīmiskās saites tipi minerālu kristālu struktūrās	103
1.11.	Minerālu sadalījums no struktūras viedokļa	104
	1.11.1. Minerāli ar koordinācijas struktūru	105
	1.11.2. Minerāli ar saliņu tipa struktūru	105
	1.11.3. Minerāli ar gredzena tipa struktūru	105
	1.11.4. Minerāli ar ķēdīšu un lentu tipa struktūru	106
	1.11.5. Minerāli ar kārtainā tipa struktūru	106
	1.11.6. Minerāli ar karkasa tipa struktūru	106
1.12.	Minerālu kristālu simetrija	107
	1.12.1. 32 iespējamo simetrijas elementu kombinācijas jeb minerālu kristālu klases	110
1.13.	Simetrijas klašu apzīmējumi	111
	1.13.1. Apzīmējumi pēc Šenflisa	111
	1.13.2. Apzīmējumi pēc Hermaņa – Mogenā	111
	1.13.3. Apzīmējumi pēc Šubņikova	113
1.14.	Zemes garozas mineraloģiskā sastāva izvērtējums no kristalogrāfiskās simetrijas viedokļa	113
2.	SISTEMĀTISKĀ MINERALOĢIJA	118
2.1.	Minerālu klašu klasifikācija	118
	2.1.1. H.Štrunca minerālu klasifikācijas princips	119
	2.1.2. E.Lazarenko minerālu klasifikācijas princips	120

2.2.	Mīnerālu nosaukumi	121
2.3.	Mīnerālu paveidi	122
2.4.	Nozīmīgākās mīnerālu kristālu struktūras	123
2.4.1.	Elementi jeb vienkāršās vielas	123
2.4.2.	Sulfīdi	124
2.4.3.	Halogenīdi	126
2.4.4.	Oksīdi	127
2.4.5.	Nitrāti, karbonāti, borāti	128
2.4.6.	Sulfāti, hromāti, volframāti	128
2.4.7.	Fosfāti, arsenāti, vanadāti	129
2.5.	Elementi jeb vienkāršās vielas	129
2.5.1.	Tīrradņi metāli	130
	Varš	130
	Zelts	131
	Sudrabs	133
	Dzelzs	134
	Platīns	134
2.5.2.	Tīrradņi metaloīdi	135
2.5.3.	Tīrradņi nemetāli	135
	Dimants	135
	Grafīts	137
	Sērs	138
2.6.	Sulfīdi un tiem radniecīgie mīnerāli	139
	Niķelīns	141
	Pentlandīts	141
	Sfalerīts	142
	Vjurtcīts	143
	Galenīts	144
	Halkopirīts	145
	Realgārs	146
	Millerīts	147
	Cinobrs	147
	Stibnīts	148
	Bismutīns	149
	Auripigments	150
	Molibdenīts	151
	Pirīts	152
	Markazīts	153
	Kobaltīns	154
2.7.	Oksīdi un hidroksīdi	154
	Ledus	156
	Badeleīts	157
	Špineļa grupa	157
	Špinelis	158
	Franklinīts	159

	Hromīts	159
	Magnetīts	160
	Hausmanīts	161
	Hrizoberils	162
	Perovskīts	163
	Rutils, brukīts, anatāzs	164
	Kasiterīts	165
	Piroluzīts	166
	Korunds	167
	Hematīts	168
	Ilmenīts	170
	Gēīts	170
	Diaspors	171
	Kopsavilkums par nozīmīgākiem hidroksīdu minerāliem	172
	Kvarca grupa	173
	Kvarcs	174
2.8.	Silikāti	176
2.8.1.	Silikātu struktūru tipi	178
2.8.2.	Silikāti ar izolētām silīcija skābekļa grupām vai izolētām tetraedru grupām	184
	Olivīna grupa	184
	Olivīns	184
	Fenakīta grupa	185
	Fenakīts	185
	Vilemīts	186
	Granāta grupa	187
	Cirkona grupa	188
	Cirkons	188
	Sfēna grupa	189
	Sfēns	189
	Distēna grupa	190
	Topāza grupa	192
	Topāzs	192
	Epidota grupa	193
	Epidots	193
	Datolīts	194
	Kordierīta grupa	194
	Berils	194
	Kordierīts	196
	Turmalīns	196
2.8.3.	Ķēdīšu tipa silikāti – piroksēni (metasilikāti)	197
	Enstatīts un Hiperstens	197
	Diopsīds	198
	Spodumens	199
	Augīts	199

	Volastonīts	200
2.8.4.	Lentu tipa silikāti – amfiboli	201
	Antofīlīts	201
	Tremolīts	201
	Ragmānis	202
2.8.5.	Kārtainā tipa silikāti	203
	Mālu minerāli	204
	Kaolinīts, dikīts, nakrīts	204
	Haluazīts	205
	Montmorilonīts	206
	Hidrovizlu grupa	207
	Hidrobiotīts	207
	Hidromuskovīts	207
	Glaukonīts	207
	Vermikulīta grupa	208
	Vermikulīts	208
	Hlorītu grupa	209
	Hlorīts	209
	Serpentīna grupa	211
	Serpentīns	211
	Talka grupa	211
	Talks	211
	Vizlu grupa	212
	Muskovīts	212
	Biotīts	214
	Lepidolīts	214
	Cinvaldīts	214
2.8.6.	Karkasa tipa silikāti	215
	Plagioklazi	215
	Kālija – nātrija laukšpati	216
	Ortoklazs, mikroklīns, sanidīns	217
	Kālija – bārija laukšpati	218
	Feldšpatoīdu grupa	219
	Nefelīns	219
	Leicīts	220
	Lazurīts	220
	Ceolīti	221
2.9.	Karbonāti	221
	Kalcīts	222
	Magnezīts	223
	Siderīts	224
	Rodohrozīts	225
	Smitsonīts	226
	Aragonīts	226
	Viterīts	227

	Dolomīts	227
	Malahīts	228
2.10.	Sulfāti	229
	Ģipsis	230
	Anhidrīts	231
	Celestīns	232
	Barīts	232
2.11.	Fosfāti un to analogi	233
	Apatīts	234
	Monacīts	235
	Ksenotīms	236
2.12.	Borāti	237
	Boraks	240
	Kernīts	241
2.13.	Halogenīdi	241
	Fluorīts	242
	Kriolīts	242
	Halīts	243
	Silvīns	244
	Karnalīts	244
2.14.	Nitrāti	245
	Nātrija salpetris	245
	Kālija salpetris	246
2.15.	Organiskie savienojumi	246
	Juvelīts	247
	Dzintars	247
2.16.	Dārgakmeņi un rotakmeņi	248
	PIELIKUMI	250
	LITERATŪRA	266

IEVADS

Vide, kurā dzīvo cilvēce, sastāv no neorganiskiem un organiskiem veidojumiem.

Pirmkārt, neorganisko veidojumu grupā jāierindo mūsu planētas Zeme pati virsējā cietā kārtā jeb sfēra, kuras biežums ir robežās no 10 līdz 30 km. Šo virsējo kārtu veido, galvenokārt dažādi cietā stāvoklī esoši neorganiski ķīmiski savienojumi **minerāli** un to agregāti ieži. Zemes virsējo kārtu sauc par Zemes garozu. Dažreiz Zemes garozas jēdzienu pielīdzina litosfēras jēdzienam (vārds „litosfēra” tulkojumā no grieķu valodas nozīmē „akmens kārtā” jeb „akmens sfēra”). Otrkārt, šai savienojumu grupai jāpieskaita šķidrā stāvoklī esošie neorganiskie savienojumi, no kuriem visizplatītākais šāda tipa savienojums, kas atrodas virs Zemes vai tajā, ir ūdens. Ūdens veidojumus uz planētas Zeme sauc par hidrosfēru. Treškārt, neorganisko veidojumu grupai jāpieskaita gāzveida vielas, tādas kā slāpekļis, skābeklis, cēlgāzes u.c., kas galvenokārt apņem Zemes garozu (litosfēru) un hidrosfēru, vai arī atrodas tajās. Šīs gāzveida vielas veido atmosfēru.

Pie organiskiem veidojumiem pieder augu un dzīvnieku valsts (floras un faunas) pārstāvji, kas kopā veido vēl vienu sfēru – biosfēru. Pie organiskiem veidojumiem pieder arī Zemes garozā atrodamā dabasgāze, nafta, akmeņogles, kūdra, dzintars u.c.

Visus neorganiskos un organiskos veidojumus, kas atrodas Zemes dzīlēs pieņemts saukt par minerāliem veidojumiem. Savukārt, minerālos veidojumus, kas tiek izmantoti tautsaimniecībā, sauc par minerālām izejvielām jeb derīgiem izrakteņiem.

Šī grāmata veltīta Zemes garozas cieto neorganisko savienojumu aprakstam – **mācībai par minerāliem jeb mineraloģijai**. Tai ir divas nodaļas: 1. Vispārīgā mineraloģija un 2. Sistemātiskā mineraloģija.

No mineraloģijas smeltās zinātniskās atziņas ir teorētiskā bāze tehnisko jeb mākslīgo materiālu izstrādei. Vienmēr jāatceras, ka, izvēloties materiāla tehnoloģiju, jāvadās no pastāvīgam likumsakarībām dabā. Cilvēks nav spējīgs radīt jaunus dabas likumus un procesus, kas it kā pastāvētu “ārpus” dabas un būtu pārāki par tiem. Cilvēks tos laika gaitā var tikai pakāpeniski izziņāt un ar attiecīgas tehnoloģijas palīdzību izmantot savā labā. Jāatceras, ka jebkuram mākslīgi iegūtam materiālam vai vielai un tā radīšanas procesam jeb tehnoloģijai atrodams analogs starp minerālu un to agregātu veidošanās procesiem. Tikai, pārzinot un vadoties no minerālu un to agregātu (iežu jeb dabisko akmeņu) procesiem, ir iespējams izstrādāt visracionālāko materiālu tehnoloģiju, jo vispilnīgākie un niansētākie ir dabiskie procesi. Vēl joprojām daudzi minerālu veidošanās fizikālie un ķīmiskie procesi nav izziņāti. Cilvēcei jāsamierinās tikai ar vizuālu gala rezultāta konstatējumu.

Grāmata „Mineraloģija” domāta kā mācību grāmata dabaszinātņu un inženierzinātņu studentiem, kuru interešu lokā ir Zemes garozā sastopamie derīgie izrakteņi un minerālie veidojumi, kā arī to izmantošanas iespējas. Grāmata var būt noderīga arī jebkuram lasītājam, kas interesējas par minerāliem un to izmantošanu tautsaimniecībā.

Grāmatas autori pateicas par atbalstu grāmatas izdošanā a/s „Siguldas Būvmeistars”, Valsts Ģeoloģijas dienestam, SIA „Saulkalne-S” un Rīgas Tehniskai universitātei. Autori pateicas arī grāmatas recenzentiem Dr.geol. V.Hodirevai un Dr.geol. Ģ.Stinkulim, kā arī grāmatas vāka izstrādātājam Ģ.Rozenbergam.

1. VISPĀRĪGĀ MINERALOĢIJA

1.1. Mineraloģijas attīstības vēsture

Dažus minerālus un iežus cilvēki savām praktiskām vajadzībām iemācījās izmantot vēl ilgi pirms rakstīta vārda parādīšanās. Pie tādiem minerāliem, ko izmantoja cilvēki tālajā senatnē, pieskaitāmi sarkanās krāsas pigments hematīts (Fe_2O_3) un melnās krāsas pigments piroluzīts (MnO_2), kas tika izmantoti alu sienu apgleznošanai. Bez minētajiem tika izmantoti arī cietie, mehāniski izturīgie un elastīgie minerāli un ieži (piemēram, krams, nefrīts, obsidiāns) dažādu pirmatnējo instrumentu un ieroču izgatavošanai. Metālisko izrakteņu ieguve un kausēšana, lai iegūtu zeltu, sudrabu, dzelzi, varu, svīnu un bronzu, aizsākās jau ilgi pirms pirmo zināmo rakstu avotu parādīšanās.

Aristotelis (348.-322.g.p.m.ē.) uzskatīja par nepieciešamu iekļaut savā darbā "Meteoroloģija" nodaļu par akmeņiem (minerāliem, metāliem un organismu pārakmeņojumiem). Aristoteļa skolnieks Teofrasts (372.-287.g.p.m.ē.) uzrakstīja vēsturē pirmo traktātu, kas veltīts minerālām vielām. Šo darbu dažreiz sauc arī "Pirmā mineraloģijas grāmata".

Nākamais (gandrīz 400 gadus vēlāk), kas devis ievērojamu ieguldījumu mineraloģijā, bija Plīnijs Vecākais (23.-79.g. m.ē.). Viņš aprakstīja minerālus toreizējās senās Romas skatījumā. No viņa lielās 37 sējumu dabas enciklopēdijas 5 sējumi bija veltīti minerāliem, kas tika izmantoti kā dārgakmeņi, krāsas un dažādu metālu rūdas.

Panākumi, kas gūti sekojošajos 1500 gados, galvenokārt Renesanses laikmeta sākumā un vidusposmā, aprakstīti vācu fiziķa un kalnu inženiera Georga Bauera (1494-1555) darbos. Kā sevišķi nozīmīgi minami divi viņa darbi: "De Natura Fossilium" ("Fosiliju īpašības") (1546) un "De Re Metallica" ("Metālu rūdas") (1556). Šie darbi izdoti ar Georga Bauera uzvārda latīnisko tulkojumu - Georgs Agrikola. Šajos darbos aprakstīti tā laika sasniegumi mineraloģijā, ģeoloģijā, kalnu izpētē un izstrādē, kā arī metalurģijā. Darbā "Fosiliju īpašības" Georgs Agrikola parāda lielu daļu minerālu fizikālo īpašību, tai skaitā cietību, skaldnību, ko pat līdz mūsdienām izmanto minerālu identificēšanai.

Tālākajā mineraloģijas attīstībā ievērojamu ieguldījumu devis dāņu zinātnieks Nils Stensens, kas vairāk pazīstams ar latīnisko vārdu Nikolas Steno (Nicholas Steno, 1638-1686). Viņš 1669.gadā atklāja, ka kvarca kristālā leņķi starp attiecīgām skaldnēm neatkarīgi no to formas ir vienādi. Šis atklājums bija impulss minerālu kristālu formas pētījumiem un šo gadu uzskata par kristalogrāfijas kā zinātnes sākuma gadu.

18.gs. notiek lēna, bet nepārtraukta mineraloģijas attīstība. Tika atklāti un aprakstīti jauni minerāli. Sākās mēģinājumi minerālus klasificēt. Mineraloģija bija pirmā no ģeoloģijas disciplīnām, kuras pasniegšanu uzsāka augstākajās mācību iestādēs. Sevišķi lielu ieguldījumu minerālu nomenklatūras sakārtošanā devis Freibergas Kalnu akadēmijas profesors A.G.Verners (1750-1817).

Mineraloģijas attīstības tempi īpaši paātrinājās sasniedzot 18. un 19.gs. robežu. Priekšplānā izvirzījās minerālu kristalogrāfiskā izpēte. Galvenie nopelni šajā jomā pieder franču zinātniekiem Žanam Baptistam Lui Rome de Lilam (Jean Baptiste Louis

Rome de L'Isle, 1736-1790) un Renē-Žustam Ajuī (René-Just Haüy, 1743-1822). Pirmais no šiem zinātniekiem, balstoties uz ļoti daudziem minerālu kristālu leņķu mērījumiem, vispārinātā veidā formulēja kristālu leņķu nemainības likumu. Otrais - pieņēma, ka minerālu kristāli ir veidoti no daļiņām (molekulām), kurām ir daudzskaldņa forma. Reālais minerāla kristāls ir ļoti daudz šādu molekulu veidojums. Renē-Žustu Ajuī uzskata par „matemātiskās kristalogrāfijas tēvu”, līdzīgi kā vairāki zinātnes vēsturnieki Agrikolu uzskata par “mineraloģijas tēvu”.

1805.gadā angļu ķīmiķis Džons Daltons (1766-1844) pirmo reizi parādīja, ka minerālus veido noteikta sastāva ķīmiski savienojumi. Zviedru ķīmiķis Jens Jakobs Berceļiuss (1779-1848) un viņa skolnieki, Eilhards Mičerlihs (1794-1863), nodarbojās ar minerālu ķīmiskā sastāva izpēti un veica minerālu klasifikāciju pēc ķīmiskā sastāva.

1837.gadā Džeims Dena (1813-1895) no Jēlas universitātes izdeva pirmo izdevumu “Mineraloģijas sistēmas”, kurā viņš minerālus klasificē pēc to ķīmiskā sastāva. Šos klasifikācijas principus atzinuši daudzi mineraloģi un tie saglabājušies līdz mūsdienām.

Minerālu optisko īpašību izpētes attīstībā pēc 1828.gada lielu ieguldījumu devis angļu fiziķis Viljams Nikols (1768-1851), kas parasto mikroskopu papildināja ar polarizatoru, kas deva iespēju veikt minerālu pētījumus ar optiskām metodēm. Uzskata, ka pirmie, kas izmantoja šādu pilnveidotu mikroskopu minerālu un iežu izpētē bijuši franču mineraloģi Dekluazo (1817-1897) vai arī angļu petrogrāfs Henrijs Kliftons Sorbijs (1826-1908). Pēdējo bieži uzskata par “optiskās petrogrāfijas tēvu”.

20.gs. pirmie lielākie zinātniskie panākumi mineraloģijā saistīti ar vācu fiziķa Maksa fon Lauesa (1879-1960) un angļu fiziķu - tēva Viljama H.Brega (1862-1942) un dēla Viljama L.Brega (1890-1971) pētījumiem par rentgena staru iedarbību uz minerālu kristāliem. Šo pētījumu rezultāti deva iespēju noskaidrot minerālu kristālu struktūru. Citu svarīgu atklājumu izdarīja 1916.gadā, kad Peters Debaijs (1884-1966) un Pauls Šērsers (1890-1969) Vācijā un, neatkarīgi no viņiem, Alberts Hals (1880-1966) ASV izstrādāja pulvera rentgenogrāfiju. Vēlāk tika izstrādātas arī citas minerālu rentgenogrāfiskās pētīšanas metodes, izmantojot rentgendifraktogrammas kombinācijā ar elektroniskām skaitļošanas mašīnām. 20.gs. ir attīstījušās dažādas metodes, kas paplašina iespējas minerālu ķīmiskā sastāva noteikšanā. Tiek izmantotas tādas metodes kā mesbauera, infrasarkanā spektroskopija u.c.

1.2. Mineraloģijas nozīme

Mineraloģijas rašanās un attīstība par patstāvīgu zinātnes nozari ir cieši saistīta ar cilvēka materiālās kultūras (materiālo vajadzību apmierināšanas) vēsturi. Ir zināms, ka cilvēks jau senajos laikos bija pazīstams ar tādiem minerāliem kā krāms, hematīts u.c., kas tika izmantoti darbarīku izgatavošanai un krāsu pigmentu ieguvei. Podniecība un ķieģeļu ieguve, visticamāk, bija pirmās ražošanas nozares, kurās tika izmantota tāda minerālā izejviela kā māls.

Jau senajā Ēģiptē, Babilonijā, Asīrijā un Indijā augstu novērtējumu bija ieguvuši dārgakmeņi. Dārgakmeņi pat līdz mūsdienām ir saglabājuši savu estētisko nozīmi cilvēka dzīvē.

Arī visiem ļoti pazīstamā vārāmā sāls bija nozīmīgs tirgošanās objekts starp senajām tautām.

Viens no pirmajiem tīrādņu metāliem, kas piesaistīja cilvēku uzmanību tā krāsas, spīduma un kaļamības dēļ, bija zelts. To izmantoja greznu rotas lietu izgatavošanai.

Pirmie metāli, ko izmantoja dažu sadzīves priekšmetu izgatavošanai, bija sudrabs un svins. Šos metālus relatīvi viegli ieguva no tos saturošiem minerāliem. Metāliskais varš un vēlāk arī dzelzs jau senajos laikos ieguva plašu pielietojumu. Dzelzs kļuva par civilizācijas stūrakmeni.

Pēdējos simtpiecdesmit gados ievērojami pieaudzis jaunatklāto minerālu skaits, kā arī to ieguve. Pašlaik grūti atrast tādu nozari, kurā netiktu izmantoti minerālu resursi. Daudzi elementi, ko uzskatīja par retajiem to mazās koncentrācijas dēļ, tagad tiek izmantoti ikdienas vajadzību apmierināšanai. Pie tādiem elementiem pieskaitāmi kadmijs, berilijs, germānijs, cērijs, cēzijs, litījs, urāns, selēns, tantāls, cirkonijs, titāns, tallijs, indijs, rubīdijs u.c. Minerālus, ko dažus desmitus gadus tālā pagātnē uzskatīja par mazvērtīgiem, tagad izmanto jaunās ražošanas nozarēs. Piemēram, ievērojami ir pieaugusi alumīnija ieguve no alumīnija hidroksīdiem, ko satur alumīnija rūda boksīts, kā arī no citiem alumīniju saturošiem minerāliem, magnija ieguve - no magnezīta un jūras ūdenī izšķīdušiem magniju saturošiem sāļiem. Šos abus metālus izmanto vieglo sakausējumu ieguvei, kas nepieciešami lidmašīnu un atomzemūdeņu ražošanai.

Ķīmiskās rūpniecības nozīmīgs produkts ir sērskābe, kuras ieguvei izmanto pīrītu, anhidrītu un tīrādņa sēru.

Lauksaimniecībā pārtikas produktu ražošanai izmanto minerālmēslus, kuru ieguvei izmanto fosforu, kāliju un slāpekli saturošās minerālās izejvielas.

Jaunu derīgo izrakteņu jeb jaunu minerālu asociāciju meklēšanas darbos liela nozīme ir mineralogijai. Lai veiktu šādus darbus, nepieciešams zināt minerālu īpašības un to veidošanās priekšnoteikumus dabā. Lai noskaidrotu elementu koncentrācijas apstākļus Zemes garozā, jāzina minerālus veidojošo ķīmisko elementu migrācijas likumi. Šo likumu zināšana nav iespējama bez minerālu vispusīgas izpētes. Minerālu īpašību noskaidrošana un to zināšana rada iespēju tos izmantot dažādās tautsaimniecības nozarēs, lai no tiem iegūtu metālus un to sakausējumus, optiskus, uguns un skābes izturīgus, abrazīvus, radioelektroniskus, stikla un stiklveidīgus, keramiskos un daudzus citus materiālus.

1.3. Minerāla jēdziens un mineralogijas priekšmets

Vārds **minerāls** ir cēlies no latīņu vārda "minera", kas tulkojumā nozīmē rūdas gabals vai akmens, no kura var iegūt metālu.

Vācu mineralogs H.Štruncs, kas ir labi pazīstamās enciklopēdiskās grāmatas „Mineralogische Tabellen” autors, jēdzienu minerāls definē sekojoši: „Minerāli ir kristāli, kas izveidojušies dabā bez dzīvo organismu līdzdalības.” Tādi dabas objekti ir dimants, grafitis, zelts, galenīts, sfalerīts, halīts, silvīns, laukšpats, kvarcs, vizla utt. Dabā blakus pastāv minerālu, augu un dzīvo organismu valstības. Minerālu valstība aptver cietos neorganiskos veidojumus. Tā, piemēram, augsne satur neskaitāmus sīkus minerālu graudiņus, māli sastāv no ļoti sīkām, ar neapbruņotu aci grūti saskatāmām māla minerālu daļiņām, smiltis un smilšakmeņi – no kvarca graudiņiem, kaļķakmens un marmors – no kalcīta, granīts – no laukšpata, kvarca un vizlas graudiņiem. Tagad bieži jēdziens „minerāls” tiek pielīdzināts minerāla indivīda jēdzienam, ar kuru, pēc

profesora D.Grigorjeva atzinuma, saprot fiziski un ķīmiski individualizētu cietu vielu, kas radusies Zemes garozā notiekošo ģeoķīmisko procesu dēļ un ir tās sastāvdaļa. Ikviens minerāla indivīds ir norobežots no citiem ar sev piemītošo dabiski izveidojušos robežvirsmu. Minerāla indivīds ir ikviens dabisks kristāls, kas norobežots ar skaldnēm (tāpēc blakus jēdzienam "minerāli" bieži tiek lietots arī jēdziens "minerālu kristāli"), kā arī ikviens minerāla grauds, kas norobežots no citiem graudiem (kas aptver šo indivīdu) ar fāžu robežvirsmām.

Minerāla kā indivīda raksturīgas pazīmes ir:

1. Viendabīgs kristālisks veidojums (ķermenis).
2. Zemes garozā notiekošo fizikālo un ķīmisko procesu produkts.
3. Iežu un rūdu sastāvdaļa.

Dažos gadījumos indivīdi var būt pēc izmēra ļoti mazi, ko ar neapbruņotu aci nevar saskatīt, tie sastopami agregātu veidā. Minerālu agregāti, kas veidoti no šādiem sīkkristāliskiem vai slēpti kristāliskiem minerālu indivīdiem, piemēram, ir: joslainais dažādi krāsotais ahāts, zilais lazurīts, violetais čaroīts, zaļais nefrīts u.c.

Minerālu indivīdi var būt ļoti lieli, piemēram, ir zināms, ka ortoklaza kristāla izmēri var būt 10×10 m, un svars sasniegt 100 t. Berila kristālu garums var sasniegt 6 m un svars – 200 t.

Zināmi arī citi minerāla definējumi, kas nesaista šo vārdu ar indivīda jēdzienu. Kā piemēru var minēt ASV mineralogu L.Berijs, B.Meisona un R.Ditriha minerāla jēdziena definējumu: „Minerāls ir ciets dabiskas izcelsmes ķermenis, kas izveidojies neorganiskā ceļā un ir ar likumsakarīgu tā veidojošo daļiņu (atomu, jonu, molekulu) sakārtojumu, tā ķīmiskais sastāvs un fizikālās īpašības ir patstāvīgas vai var mainīties nelielās robežās”. Šis definējums ietver četras būtiskas minerāla pazīmes: 1) dabiska izcelsme; 2) cietība; 3) veidojies neorganiskā ceļā; 4) tam ir likumsakarīgs daļiņu sakārtojums.

Pirmā pazīme izslēdz no minerālu saraksta mākslīgi iegūtus kristālus, piemēram, mākslīgi iegūtu dimantu, rubīnu u.c. Otrā pazīme neļauj pie minerāliem pieskaitīt tādus dabiskus veidojumus kā ūdeni un dzīvudrabu, lai gan praksē daži mineraloģi ignorē šo pazīmi. Trešā pazīme norāda, ka minerālus, kas izveidojušies dzīvās organismos (piemēram, aragonīts, kas veido gliemežu un pērleņu gliemežnīcas), nepieskaita pie minerāliem, lai gan trešā pazīme nekad nav izslēgusi no minerālu skaita cietos ogļūdeņražus, kalcija oksalātu u.c. kristāliskos organiskos savienojumus. Ceturtā pazīme ir būtiska sastāvdaļa minerāla definējumā, lai gan ir atsevišķi izņēmumi, kā opāls un metamiktie minerāli (kristālisko struktūru zaudējuši cieti koloīdi). Amorfās cietās vielās trūkst atomu tālā sakārtojuma, bet var būt tuvais (~10-100 Å) atomu sakārtojums. Opāls ir vispazīstamākais šāda tipa pārstāvis un tas sastāv no hidratizēta amorfa vai daļēji slēpti kristāliska SiO_2 .

Savukārt grāmatas „Introduction to Mineralogy” („Ievads mineraloģijā”) autors ASV zinātnieks V.Nesse minerālu definē šādi: „Minerāls ir dabiskas izcelsmes kristālisks ciets veidojums – noteikta ķīmiska sastāva kompozīcija, kas var mainīties zināmās robežās”. Grāmatas „Minerals, their Constitution and Origin” („Minerāli, to uzbūve un veidošanās”) autori H.Venks un A.Bulaks minerāla jēdzienu definē šādi: „Minerāls ir dabisks ķīmiskā sastāva un uzbūves ziņā homogēns veidojums ar kristāliskā režģa struktūru”.

Šajā darbā turpmākā materiāla izklāstā par minerāliem autori vadās no priekšstata, ka minerāla jēdziens ir identisks minerāla indivīda jēdzienam. Visus minerāla indivīdus ar vienādu struktūras tipu un vienādu ķīmisko sastāvu (mainīgs var būt sastāvs noteiktās dabiskās robežās) apvieno minerālu klasē. Pašlaik ir zināmas ap 3000 minerālu klašu grupas. Katrai minerālu klasei ir savs nosaukums. Ikdienā un darbā minerāla klases jēdziens asociējas ar minerāla jēdzienu. Savukārt, mineraloģija ir zinātne, kas pēta minerāla indivīda vai arī minerāla agregāta izcelsmi, attīstību un pārveidošanos jeb ģenēzi. Mineraloģija pēta minerālu tā attīstībā un pieskaitāma ģeoloģijas zinātņu grupai, kura vispusīgi pēta Zemes garozas attīstību kopumā.

Ar mineraloģiju ir cieši saistītas citas ģeoloģijas zinātnes. Tās ir:

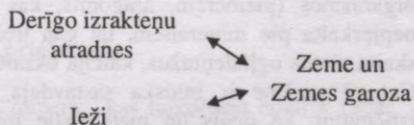
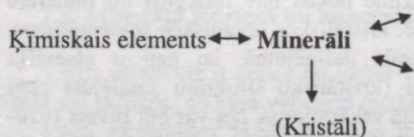
- ģeokīmija, kas nodarbojas ar ķīmisko elementu migrāciju un ķīmisko savienojumu veidošanos Zemes garozā;
- petrogrāfija vai petroloģija, kas nodarbojas ar vispusīgu iežu pētniecību;
- zinātne par derīgo izrakteņu atradnēm, kuras izpētes objekts ir derīgo izrakteņu atradnes;
- pati visaptverošākā - ģeoloģija, kuras pētīšanas objekts plašākā nozīmē ir planēta Zeme kopumā (šaurākā - Zemes garoza), tās izveidošanās, sastāvs, uzbūve un izmaiņas, kas notikušas daudzu miljonu gadu laikā, kā arī notiek pašlaik.

Arī kristalogrāfija ir atzarojums no ģeoloģijas zinātnēm, jo kristalogrāfijas pirmie pētniecības objekti bija dabiskie minerālu kristāli. Pirmās kristalogrāfijas vispārinātās atziņas un likumi, kā, piemēram, kristālu homogenitāte, anizotropija, kristāliskās vielas spēja veidot daudzskaldņus, leņķu nemainības likums, kā arī simetrijas likumi tika iegūti, pētot dabiskos kristālus - minerālus.

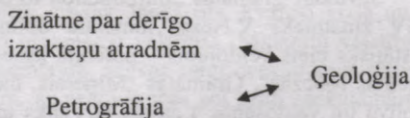
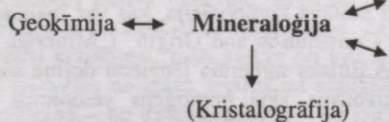
1.4. Mineraloģijas vieta citu ģeoloģisko zinātņu vidū

Mineraloģijas vieta citu ģeoloģisko zinātņu vidū parādīta 1.attēlā.

I Pētīšanas objekti



II Zinātnes



1.attēls. Mineraloģijas vieta citu ģeoloģisko zinātņu vidū.

1.5. Minerālu veidošanās un mineraloģijas fāžu likums

Minerālu ģenēze jeb veidošanās pamatojas uz fāžu līdzsvara likumu, kā arī saskaņā ar likumu iegūtām un izveidotām fāžu līdzsvara stāvokļa diagrammām.

Minerālu jeb minerālu fāžu veidošanās ir atkarīga no trim svarīgiem faktoriem – temperatūras (T), spiediena (S) un komponentu (ķīmisko savienojumu) koncentrācijas (K).

Fāžu līdzsvara likuma (tiek saukts arī par Gibbsa likumu, par godu vienam no ķīmijas termodinamikas izveidotājiem – amerikāņu fiziķim Gibsam) matemātiskā izteiksme ir sekojoša:

$$P + F = K + 2, \text{ kur}$$

P – fāžu skaits sistēmā;

F – sistēmas brīvības pakāpju skaits;

K – komponentu skaits sistēmā.

Minētā likumā iekļauto un ar šo likumu saistīto jēdzienu definējumi ir sekojoši:

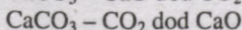
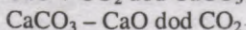
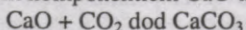
Līdzsvars. Sistēma līdzsvara stāvoklī ir ar minimālo enerģiju. Šādā sistēmā fāzes neierobežoti ilgu laiku var pastāvēt viena otrai blakus tik ilgi, kamēr neizmainās ārējie apstākļi – temperatūra, spiediens, komponentu koncentrācija.

Sistēma ir telpiski norobežots vielas kopums (tilpums). Tā var būt mikroskopisks vai arī makroskopisks atsevišķs vielas – minerāla grauds, atsevišķs iezis vai apjomīgs ģeoloģisks veidojums.

Fāze (P) ir ķīmiskā un termodinamiskā ziņā viendabīga sistēmas daļa, kurai piemīt robežvirsmā, kas to atdala no pārējām sistēmas daļām. Tātad, piemēram, kvarca (SiO_2) kristālu kopums sistēmā, neatkarīgi no šo kristālu lieluma, ir patstāvīga sistēmas fāze. Ja sistēmā ir kristobalīts, kas arī pēc sastāva atbilst SiO_2 , bet tam piemīt citi termodinamiskie raksturlielumi, tad tā ir cita fāze. Ja šajā pat sistēmā ir SiO_2 kausējums, tad tā jau ir trešā fāze. Ja šajā sistēmā, praktiski virs tās, atrodas gāzveidīgā fāze, piemēram, gaiss vai kāda cita gāze, tad tā būs jau ceturta fāze. Tomēr, ja gāzveida fāze būtiski neietekmē sistēmas līdzsvaru pie atmosfēras spiediena, tad, pētot minerālu sistēmas, šo fāzi neņem vērā. Sistēmu, kas sastāv tikai no šķidrās, cietās vai jauktas šķidrās un cietās fāzes, holandiešu fiziko ķīmiķis Vant Hofs nosaucis par kondensētu sistēmu. Spiediens ļoti maz ietekmē šādu sistēmu īpašības. Atkarībā no fāžu skaita sistēmā, izšķir vienfāžu jeb homogēnās sistēmas un daudzfāžu jeb heterogēnās sistēmas. Sistēmā var būt vairākas cietas fāzes (dažāda sastāva kristāli) vai šķidrās fāzes (likvējošie šķidrumi). Gāzes parasti veido vienu fāzi.

Komponents (K). Sistēmas fāzes veido komponenti. Komponenti ir ķīmiskā ziņā individuālas sistēmas daļas – ķīmiskie savienojumi, kurus var mainīt neatkarīgi vienu no otra.

Komponentu skaitam sistēmā jābūt minimālam un tādām, lai no tiem varētu izveidoties visas sistēmas fāzes. Piemēram, sistēma $\text{CaCO}_3 - \text{CaO} - \text{CO}_2$ sastāv no diviem komponentiem CaO un CO_2 , jo



un trim fāzēm – CaO , CO_2 , CaCO_3

Šajā gadījumā $P = 3$ un $K = 2$

Neatkarīgās mainīgās brīvības pakāpes (F) jeb variācijas faktori ir faktori, kuri sistēmā var mainīties jeb variēt, nemainot fāžu skaitu sistēmā. Šie mainīgie faktori parasti ir temperatūra, spiediens un komponenta koncentrācija. Ja sistēmā var mainīt divus neatkarīgos mainīgos lielumus jeb brīvības pakāpes, saglabājot esošo fāžu skaitu, tad šo sistēmu sauc par divvariantu, ja vienu – par vienvariantu, ja nevienu – par nonvariantu.

Mākslīgi iegūto silikātu sistēmu gadījumā spiedienu var uzskatīt par nemainīgu, un tad šo izteiksmi var uzrakstīt šādi:

$$F + P = K + 1$$

Šo izteiksmi var uzrakstīt arī šādi:

$$P = K + 2 - F$$

Šāds izteiksmes veids pasvītro to, ka fāžu skaits P pieaug, palielinoties komponentu skaitam jeb, ka līdzsvara stāvokļa priekšnoteikumā ietverta atziņa – jo sarežģītāks iezā ķīmiskais sastāvs, jo vairāk minerālu tajā atrodami.

Maksimālais fāžu skaits būs tad, ja $F = 0$, resp., kad izteiksme iegūst šādu veidu

$$P = K + 2$$

Ģeoloģiskās sistēmās fāžu (minerālu) veidošanās parasti notiek gan mainīgas temperatūras, gan mainīga spiediena ietekmē. Šajā gadījumā mums ir darīšana vismaz ar divvariantu sistēmu, kur $F \geq 2$. Ievietojot šo lielumu izteiksmē $P = K + 2 - F$, iegūst

$P \leq K$, kas pazīstams kā **minerālģijas fāžu likums**

Ģeoloģiskā sistēmā, kurā ir K komponenti noteiktā temperatūrā un spiedienā, maksimālais stabilo minerālu skaits nevar pārsniegt komponentu skaitu. Šādā sistēmā, kā parāda izteiksme, minerālu jeb fāžu skaits P var būt mazāks par komponentu skaitu.

Vienkomponentu sistēmu, kurā $K = 1$, piemēri var būt sēra S un SiO_2 sistēmas.

1.5.1. Vienkomponentu sistēmas

1.5.1.1. Sēra (S) sistēma

Sēram raksturīgas divas polimorfās modifikācijas. Visstabilākā modifikācija normālos apstākļos ir rombiskais sērs (α – sērs). Šai modifikācijai atbilst dabiskie tīrradņa sēra kristāli. Otra sēra modifikācija ir augsttemperatūras jeb monoklīnais sērs (β – sērs), kas veidojas no rombiskā sēra $95,5^\circ C$. Sēra kušanas temperatūra ir $119^\circ C$. Tātad, pie atmosfēras spiediena monoklīnā sēra stabilitātes intervāls ir $95,5 - 119^\circ C$. Abas kristāliskās fāzes ir stabilas noteiktas temperatūras un spiediena intervālā. Tātad, temperatūru (T) un spiedienu (S) var mainīt šajā stabilitātes intervālā, neizmainot fāžu skaitu. Šajā gadījumā brīvības pakāpju skaits $F = 2$ un fāžu skaits

$$P = K + 2 - 2 = 1$$

Divas fāzes pie jebkura noteikta spiediena var pastāvēt temperatūrā, kurā notiek modifikāciju maiņa. Pie atmosfēras spiediena šī temperatūra ir $95,5^\circ C$. Šajā gadījumā $F = 1$ un fāžu skaits

$$P = K + 2 - 1 = 2.$$

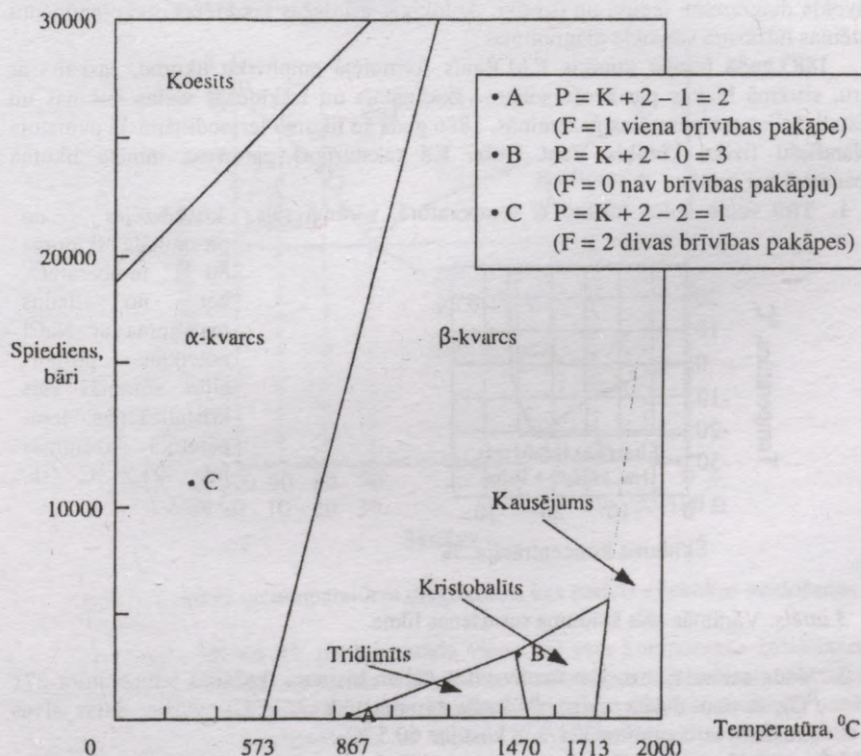
1.5.1.2. SiO₂ sistēma

Kā otru vienkomponenta sistēmas piemēru var minēt SiO₂ temperatūrā, kas zemāka par šī savienojuma disociācijas (sadalīšanās par Si un O) temperatūru.

Šajā sistēmā ir pazīstamas vairākas SiO₂ modifikācijas (sk. 2.att.). Katra modifikācija ir stabila samērā lielā temperatūras un spiediena intervālā ($P = K + 2 - 2 = 1$).

Divas polimorfās modifikācijas var eksistēt līdzsvarā noteiktas temperatūras un spiediena apstākļos ($P = K + 2 - 1 = 2$). Šajā gadījumā starp temperatūru un spiedienu pastāv stingri noteikta sakarība. Piemēram, tridimīts un β - kvarcs pastāv līdzsvarā pie 1 atm spiediena un 867 °C temperatūrā. Tāpēc, lai līdzsvarā pastāvētu tridimīts un β - kvarcs, pieļaujama tikai viena brīvības pakāpe, piemēram, spiediena maiņa.

Maksimāli trīs modifikācijas līdzsvarā var pastāvēt stingri noteiktos apstākļos ($P = K + 2 - 0 = 3$). Piemēram, tridimīts, kristobalīts un β - kvarcs pastāv līdzsvarā pie 4 kilobāriem un 1470 °C temperatūrā. Tāpēc arī iežos ir sastopama tikai viena SiO₂ modifikācija. Ieži, kuros ir vairākas modifikācijas, jāuzskata par metastabiliem.



2.attēls. Vienkomponenta sistēmas SiO₂ fāžu diagramma.

1.5.2. Divkomponentu sistēmas

Saskaņā ar mineraloģijas fāžu likumu ($P \leq K$), divkomponentu sistēmās maksimālais fāžu jeb minerālu skaits var būt ne vairāk kā divi ($P \leq 2$). Kā piemēru var minēt sistēmu $\text{Na}[\text{AlSiO}_4] - \text{SiO}_2$. Šajā sistēmā iespējami sekojoši minerāli:

Nefelīns $\text{Na}[\text{AlSiO}_4]$, albīts $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$, kvarcs SiO_2 un žadeīts $\text{NaAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$.

Magmatiskos iežos parasti iespējamās šādas divas minerālu kombinācijas:

- 1) nefelīns + albīts;
- 2) albīts + kvarcs (tridimīts).

Metamorfoos iežos var būt četras kombinācijas:

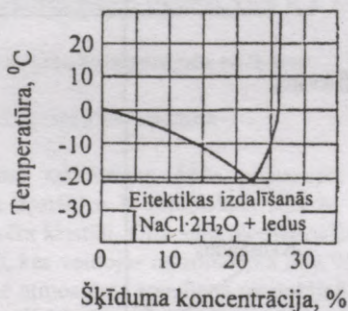
- 1) albīts + kvarcs;
- 2) žadeīts + kvarcs;
- 3) žadeīts + albīts;
- 4) žadeīts + nefelīns.

Šajā gadījumā, iežos, kas atrodas līdzsvara stāvoklī, var būt tikai divi no iespējamiem četriem minerāliem.

Tālāk izklāstītas dažas teorētiskas atziņas par divkomponentu sistēmu līdzsvara stāvokļa diagrammu iegūvi un uzbūvi. Aplūkotas arī dažas konkrētas divkomponentu sistēmas līdzsvara stāvokļa diagrammas.

1883.gadā franču ķīmiķis F.M.Rauls formulēja empīrisku likumu, saskaņā ar kuru, sistēmā blakus pastāvošo vielu – šķīdinātāja un izšķīdušās vielas kušanas un kristalizācijas temperatūras pazeminās. 1886.gadā šo likumu termodinamiski pamatoja holandiešu fiziko ķīmiķis Vant Hofa. Kā raksturīgus piemērus minētā likuma izpausmei var minēt:

1. Tīrā veidā ledus kūst 0°C temperatūrā, vārāmā sāls kristalizējas no



piesātināta šķīduma 80°C temperatūrā, bet no ledus maisījuma ar NaCl noteiktās proporcijās vārāmās sāls kristalizācijas temperatūra pazeminās līdz $-21,2^\circ\text{C}$ (sk. 3.att.).

- 3.attēls. Vārāmās sāls šķīduma sasaldēšanas līkne.

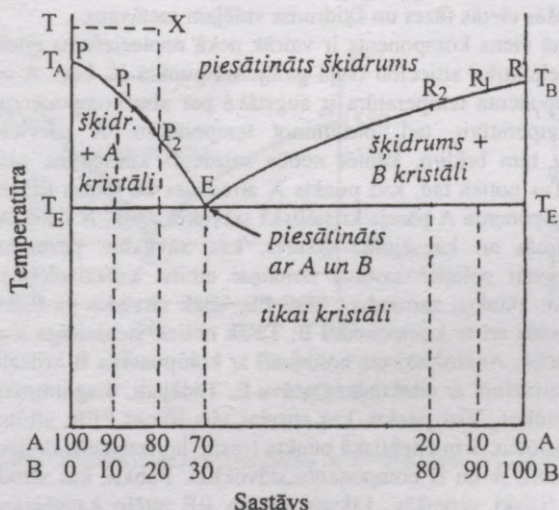
2. Vuda sakausējums, kas sastāv no 4 daļām bismuta (kušanas temperatūra 271°C), divām daļām svina (kušanas temperatūra 327°C), vienas daļas alvas (kušanas temperatūra 321°C), kūst jau $60,5^\circ\text{C}$.

Šo parādību var attēlot diagrammas veidā, kas parādīta 4.attēlā. Sistēma sastāv no diviem komponentiem A un B. Uz abscisu ass atlikta to koncentrācijas %. Punkts

A atbilst 100 % vielas A daudzumam, bet punkts B -100 % vielas B saturam. Uz ordinātu ass atlikta šo vielu kušanas temperatūras.

Ja sistēma sastāv tikai no vielas A, tad sistēmas kušanas temperatūra ir T_A un tā atrašanās vieta diagrammā atbilst punktam P. Ja sistēma sastāv tikai no vielas B, tad sistēmas kušanas temperatūra ir T_B un tā atrašanās vieta diagrammā atbilst punktam R. Pievienojot A sastāvam 10 % B sastāvu, iegūstam sastāvu $A_{90}B_{10}$. Šī maisījuma sākuma sacietēšanas temperatūra ir nedaudz zemāka un atbilst punktam P_1 . Pievienojot A sastāvam 20% B sastāva, vēl vairāk pazeminās sacietēšanas temperatūra un tā atbilst punktam P_2 utt. Līdzīgi notiek, pievienojot B sastāvam A sastāvu, uz ko norāda punkti R_1 un R_2 . Tādā veidā turpinot sastāvu izmaiņu, iegūst līknes PE un RE, kuras krustojas punktā E. Šīs līknes attēlo vielu A un B maisījumu kristalizācijas temperatūras.

Ikviena punkts (piemēram, punkts X) uz diagrammas raksturo maisījuma noteiktu stāvokli attiecībā pret temperatūru un sastāvu. Jebkura apstākļu maiņa rada šī punkta pārbīdi, ko sauc par figuratīvo pārvietošanos. Punkta horizontālā pārvietošana parāda sastāva izmaiņas nemainīgā temperatūrā. Savukārt, vertikālā pārvietošana parāda temperatūras izmaiņu, ja sastāvu nemaina. Slīpa punkta pārvietošana parāda gan sastāva, gan temperatūras izmaiņu.



4.attēls. Sastāva un temperatūras diagramma, kas parāda eitektikas veidošanos.

Ja līknes PE un RE punkti parāda viena vai otra komponenta izdalīšanos no šķīduma jeb kausējuma, tās parāda arī šķīduma piesātināšanos ar šo komponentu un šīs līknes var uzskatīt par **piesātinājuma līknēm**. Tātad, abu līkņu krustojšanās punkts E parāda kausējuma piesātināšanos ar abiem komponentiem. Šo punktu sauc par **eitektisko punktu**. Šim punktam atbilstošo komponentu attiecību - par **eitektisko attiecību** jeb **eitektiku**. Šī punkta fizikālā jēga ir tāda, ka šajā punktā vienlaicīgi kristalizējas abi komponenti. Tas nozīmē, ja šķīdumam (kausējumam) būs komponentu attiecība, kas atbilst punktam E un temperatūra T_E , tad visa sistēma

kristalizējas. Siltums, kas nepieciešams, lai šķīdumā (kausējumā) uzturētu šo temperatūru, tiek iegūts no siltuma, kas izdalās pie kristalizācijas.

Likvidusa līnija ir robežlīnija, virs kuras sistēma pilnīgi atrodas šķidrā stāvoklī. Zem šīs līnijas sistēmā parasti ir kristāli, resp., cieta viela kopā ar šķīdumu (var būt arī cieta viela līdzsvara stāvoklī).

Solidusa līnija ir robežlīnija, zem kuras sistēma parasti ir cietā kristāliskā stāvoklī, bet virs kuras cietā viela ir kopā ar šķīdumu (kausējumu). Atsevišķos gadījumos var būt tikai šķīdums (kausējums), piemēram, eitektiskais punkts.

Kongruentā kušana ir ķīmiskā savienojuma kušana bez sadalīšanās.

Inkongruentā kušana ir kušana, kuras rezultātā kristāliskā viela neveido šķīdumu ar sastāvu, kāds tai piemīt, bet pāriet šķīdumā, izveidojot starpsavienojumu. Piemēram, kālija laukšpats peritektiskā punktā neveido kausējumu ar sastāvu $K[AlSi_3O_8]$, resp., ar kālija laukšpata ķīmisko sastāvu, bet gan izveido leicītu $K[AlSi_2O_6]$ un kausējumu.

Peritektiskais punkts ir punkts uz likvidusa līknes, zem kura izveidojusies kristāliskā fāze vairs nevar pastāvēt līdzsvarā ar šķīdumu. Var teikt, ka peritektiskais punkts parāda apstākļus, kuros izveidojusies kristāliskā fāze daļēji vai pilnīgi reaģē ar palikušo šķīdumu un izveido pilnīgi jaunu atšķirīgu kristālisko fāzi, kuras ķīmiskais sastāvs atbilst esošās cietās fāzes un šķīduma vidējam sastāvam.

Ja kausējumā viens komponents ir vairāk nekā nepieciešams eitektiskā sastāvā, resp., sastāvā ar eitektisko attiecību (šajā gadījumā punktā X, kur $A = 70\%$ un $B = 30\%$), un šī komponenta temperatūra ir augstāka par abu komponentu, t.i., A un B kristalizācijas temperatūru, tad, pazeminot temperatūru, X pārvietosies paralēli ordinātu asij līdz tam brīdim, kamēr nebūs sasniegts kausējuma piesātinājums ar komponentu A. Tas notiks tad, kad punkts X atradīsies uz līknes PE punktā P_2 . Šajā punktā notiek komponenta A pāreja kristāliskā stāvoklī, resp., A izkristalizēšanās. Bet līdz ar to, izmainās arī kausējuma sastāvs, kas, savukārt, pazemina tā kušanas temperatūru. Ikvienai nelielai sastāva izmaiņai atbilst kristalizācijas temperatūras pazemināšanās, t.i., punkts, sasniedzot līkni PE, tālāk virzīsies pa P_2E līdz punktā E kausējumu piesātinās arī ar komponentu B. Tālāk notiek vienlaicīga abu komponentu A un B kristalizācija. Analogiski tas notiks arī ar komponenta B kristalizāciju, kamēr B ir pārākumā, salīdzinot ar eitektisko sastāvu E. Tādējādi, diagramma ir sadalījusies četrās daļās jeb laukos. Visi punkti, kas atrodas virs līknes PER, atbilst šķīdumiem. Visi punkti, kas atrodas zem eitektiskā punkta (resp., horizontālās līnijas $T_E T_E$) atbilst cietām (kristāliskām) A un B komponentu stāvoklim. Punkti, kas atrodas kvadrantos PT_EE un RT_EE fiziski nepastāv. Līknes PE un RE attēlo kausējuma un A un B komponentu pārākumu blakus pastāvēšanu.

Divkomponentu kausējumu kristalizācijā izšķiramas trīs stadijas:

1. Kausējuma atdzesēšana līdz kristalizācijas sākumam.
2. Komponenta pārākuma kristalizācija attiecībā pret eitektisko sastāvu, pazeminot temperatūru.
3. Vienlaicīga komponentu kristalizācija eitektiskā temperatūrā.

Dabā pazīstami šādu minerālu eitektiskie pāri (skaitliskās vērtības atbilst masas %):

ortoklazs – kvarcs = 74,24 : 25,75

ortoklazs – albīts = 42 : 58

anortīts – olivīns = 70 : 30
 diopsīds – enstatīts = 45 : 55
 diopsīds – anortīts = 58 : 42
 olivīns – augīts = 30 : 70
 magnetīts – olivīns = 25 : 75 u.c.

1.5.2.1. Sistēma gelenīts – anortīts

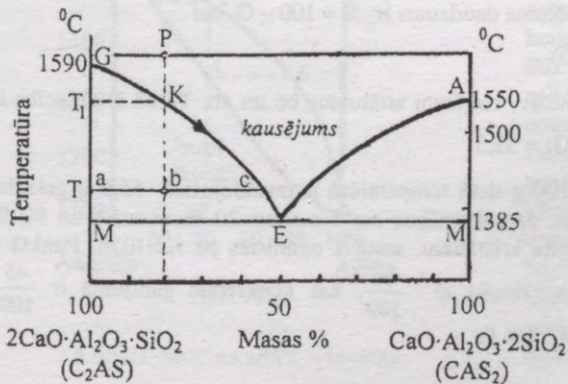
Gelenīts $\text{Ca}_2\text{Al}[(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_7]$ jeb $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ (C_2AS) - G

Anortīts $\text{Ca}[\text{Si}_2\text{Al}_2\text{O}_7]$ jeb $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ (CAS_2) - A

Silikātu sistēma gelenīts-anortīts ir labi uzskatāms piemērs eitektiskā sastāva (maisījuma) veidošanai (sk. 5.att.).

Pakāpeniski pievienojot gelenītu G anortītam A, un arī anortītu gelenītam, maisījumu kušanas temperatūra pazeminās pa likvidusa līknēm AE un GE. Līknes satiekas eitektiskajā punktā E. Šajā punktā blakus pastāv A un G kristāliskās fāzes un šķidrums kausējums, resp., 3 fāzes.

No fāžu likuma izriet, ka $F = 2 + 1 - 3 = 0$. Tātad eitektiskajā punktā sistēma ir nonvarianta. Trīs fāzes var pastāvēt tikai vienā noteiktā temperatūrā.



G punkts atbilst 100% gelenītam un 0% anortītam

A punkts atbilst 100% anortītam un 0% gelenītam

5.attēls. Sistēmas gelenīts-anortīts līdzsvara stāvokļa diagramma.

Temperatūru pazeminot, pazūd šķidrā fāze. Temperatūru paaugstinot, pazūd abas cietās fāzes. Virs līnijas GEA atrodas šķidrums (kausējuma) apgabals. Līnijas GEA parāda kausējuma un cieto kristālisko fāžu pastāvēšanas daudzumus. Punkts E ir sadales punkts – gelenīts pastāv pa kreisi no tā, anortīts – pa labi.

Ja ņemam kausējumu, kas sastāv no 20% A un 80% G 1600 °C temperatūrā (punkts P) un sākam to dzesēt pa līniju, kas atbilst nemainīgam sastāvam, tad, sākot ar temperatūru T_1 no šķidrās fāzes sāks izdalīties G kristāli un kausējums kļūs bagātāks ar anortītu. Tātad, pie T_1 parādās otra fāze G un sistēma kļūst monovarianta jeb $F = 2 + 1 - 2 = 1$.

Pazeminoties temperatūrai, notiek, pirmkārt, kristālu G izdalīšanās no pārsātināta šķīduma (kausējuma) līdz eitektiskai līnijai MN. Otrkārt, kausējuma koncentrācijas

maiņa, kas norisinās no punkta K pa līkni GE līdz eitektiskajam punktam, kur sāk izdalīties arī A fāze. Pilnīgi sākotnējais maisījums sacietēs punktā E un tas sastāvēs no kristāliem G un AG eitektikas.

Novelkot eitektisko horizontāli MN, mēs norobežojam pilnīgi sacietējušo apgabalu (zem horizontāles) no augšējā mainīgā apgabala (cietā fāze + šķidrums).

Izmantojot līdzsvara (kušanas) diagrammu, iespējams aprēķināt izdalījušos kristālu un šķidruma sastāvu un daudzumu jebkurā temperatūrā, izmantojot sviras likumu. Par sviru kalpo horizontāle, kas atbilst temperatūrai, kurā mēs vēlamies izdarīt aprēķinu. Masām, kas atrodas uz sviru galiem, atbilst izdalījušos kristālu (cieto fāžu) un šķidruma daudzumi dotā temperatūrā.

Piemērs. Jānosaka, cik gramu gelenīta (G) un šķidrums (kausējuma) (Š) ir temperatūrā T, ja ņemts 100 g sākotnējā sastāva P.

Novelkam horizontāli ac. Izejas sastāva P = 20 % A līnija šķērso horizontāli punktā b. Pēc sviras likuma kristālu G masas reizinājums ar plecu ab ir vienlīdzīgs pārpalikušā šķidrums (kausējuma) (Š) masas reizinājumam ar plecu bc.

$$G \cdot ab = \dot{S} \cdot bc$$

$$G = \dot{S} \frac{bc}{ab}$$

Tā kā pāri palikušā kausējuma daudzums ir $\dot{S} = 100 - G$, tad

$$G = \frac{bc}{ab}(100 - G)$$

Izmantojot milimetra lineālu, izmēram attālumus bc un ab. Tā kā šī attiecība ir 2,5/2, tad $G = \frac{2,5}{2}(100 - G) = 55,5$

Tātad, no sākotnējiem 100 g dotā temperatūrā ir izveidojušies 55,5 g gelenīta kristālu un 44,5 g kausējuma. Ja sākotnējais sastāvs satur 20 % anortīta un 80 % gelenīta, tad, izdaloties gelenīta kristāliem, sastāvs mainīsies pa Kc līkni. Punktā c anortīta saturu kausējumā var izteikt ar $\frac{ac}{100}$, kas konkrētajā gadījumā ir $\frac{45}{100}$. Kausējums saturēs 45 % A un 55 % G.

1.5.2.2. Cietie šķīdumi divkomponentu sistēmās

Daudzās minerālu sistēmās, it sevišķi silikātu minerālu sistēmās, līdzīgi kā metālu sakausējumos, daudzos gadījumos novērojama cieto šķīdumu jeb jaukto kristālu veidošanās. Šiem cietajiem šķīdumiem raksturīgs tas, ka to īpašības (atkarībā no sastāva) mainās pēc aditivitātes principa, t.i., proporcionāli sastāva izmaiņai.

Par cietiem šķīdumiem sauc viendabīgu vielu sistēmu. Šīs vielas savā starpā neveido ķīmiskus savienojumus, un vielu attiecības var mainīties plašās robežās. No termodinamiskā viedokļa, cietie šķīdumi sastāv no vienas fāzes un minimums diviem komponentiem. Kristālisko vielu izomorfisms arī atbilst cietā šķīduma jēdzienam.

Kā tipisku divkomponentu cieto šķīdumu sistēmu var minēt sistēmu albīts ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$) – anortīts ($\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$), kurā veidojas nepārtraukta rinda cieto šķīdumu jeb jaukto kristālu. Abi komponenti savstarpēji izšķīdināmi gan šķidrā, gan cietā stāvoklī neatkarīgi no komponentu kvantitatīvām attiecībām (sk. 6.att.).

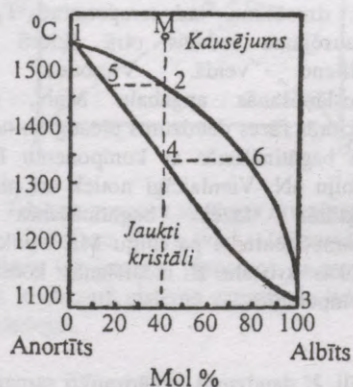
Diagrammā šķidrās fāzes apgabals atdalīts no cietās fāzes ar divām līknēm, starp kurām atrodas apgabals, kurā ir līdzsvarā kausējums un cietais šķīdums (jauktie kristāli).

Pēc fāžu likuma šajā apgabalā $F = 2 + 1 - 2 = 1$, t.i., sistēma šajā apgabalā ir monovarianta, koncentrācija mainās atkarībā no temperatūras.

Ja izvēlamies kausējumu, kas atbilst figuratīvam punktam M, tad punktā 2 uz likvidusa līnijas parādās pirmie cietā šķīduma kristāli un punktā 4 uz solidusa līnijas notiek visas sistēmas sacietēšana.

Gan kausējuma, gan izveidojušos kristālu sastāvs acīmredzot nebūs vienāds. Ja izkristalizētos noteikta ķīmiska sastāva viela, tad tās kristāli būtu nemainīgi pēc sastāva un mainītos tikai kausējuma sastāvs, kļūdamas bagātāks ar komponentu, kas nekrystalizējas no kausējuma. Cieto šķīdumu kristalizācijas īpatnība ir tā, ka nepārtraukti mainās kristālu sastāvs, līdz pilnīgai sistēmas sacietēšanai.

Kristalizējoties cietiem šķīdumiem, vispirms izdalās viela, kas ir bagātāka ar komponentu, kura kušanas temperatūra ir augstāka.



6.attēls. Sistēma albīts – anortīts.

Šajā gadījumā vispirms izkristalizēsies plagioklazi, kuros būs vairāk anortīta. Lai teorētiski noteiktu tā sastāvu, jānovelk horizontāla līnija (izoterma 2-5) līdz krustojšanās punktam ar solidusa līniju. Uz abscisu ass nolasa punkta 5 sastāvu. Pilnīgi kausējums sacietē (izkristalizējas) punktā 4 un plagioklazu kristālu ķīmiskais sastāvs mainās pa līknes nogriezni 5-4. Sastāva bagātināšanās ar albītu notiek pa līknes nogriezni 2-6, līdz punktā 4 notiek sistēmas pilnīga sacietēšana.

Praktiski grūti iegūt pilnīgi viendabīgus plagioklaza kristālus saskaņā ar silikātu kausējumu lielo viskozitāti un lēniem difūzijas procesiem tajos.

Vienlaicīgi ar jaunu kristālu veidošanos notiek agrāk izveidojušos kristālu virsmas pārkļāšanās ar sastāvu, kas bagātāks ar albītu. Sastāva bagātināšanās ar albītu var notikt ne vien līdz punktam 6, bet turpināties līdz tīra albīta kristalizācijai.

Sistēma albīts – anortīts ir vienīgā vispilnīgāk izpētītā silikātu sistēma, no cieto šķīdumu veidošanās viedokļa, lai gan solidusa līkne vēl joprojām tiek precizēta.

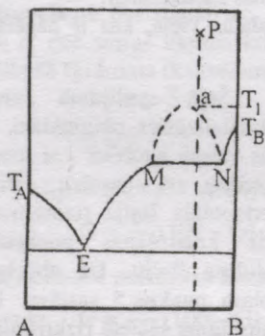
Šajā sistēmā, atkarībā no atdzesēšanas apstākļiem, var iegūt dažādus gala produktus:

- atdzesējot kausējumu strauji, resp., iesaldējot sistēmu, iegūst stiklu;
- lēni atdzesējot, iegūst homogēnus kristālus;
- atdzesējot ar ātrumiem, kas ir starp lēno un straujo dzesēšanu, iegūst zonālus kristālus.

Summārais gala produkta sastāvs tomēr vienmēr atbildīs kausējuma sākuma sastāvam. Zonālo kristālu centrālā daļa ir bagātāka ar kalcija saturu, bet perifērija – ar nātrija saturu. Veidojoties kristāliem šajā sistēmā, sākuma kristāliskie veidojumi jeb sākuma “porcija” satur vairāk kalcija nekā kausējums. Piemēram, ja kausējuma sastāvā anortīts ir 40 % (M sastāvs), tad pirmos kristāliskos veidojumus tas ir 80 % (5. sastāvs), t.i., $An_{40} \rightarrow An_{80}$.

1.5.2.3. Noslāpošanās jeb likvācija

Noslāpošanās jeb likvācija šķidrā fāzē samērā bieži novērojama silikātu sistēmās. Kā piemēri minamas sistēmas $MgO-SiO_2$, $CaO-SiO_2$, $FeO-SiO_2$ u.c. Vispārīgā veidā noslāpošanās parādīta 7.attēlā.



7.attēls. Noslāpošanās jeb likvācija divkomponentu sistēmā.

Vielas A un B veido eitektiku un intervālā MN ir pārrāvums sastāva nepārtrauktībā. Ja notiek kausējuma, kura sastāvs atbilst figuratīvam punktam P, dzesēšana, tad temperatūrā T_1 no kausējuma izdalās otrā šķidrā fāzē pilienu veidā. Virzoties caur noslāpošanās apgabalu MaN, otrās šķidrās fāzes daudzums pieaug un notiek tā bagātināšanās ar komponentu B pa līniju aN. Vienlaicīgi notiek arī pirmās šķidrās fāzes bagātināšanās ar komponentu A pa līniju Ma. Punktā N sākas kristālu B izdalīšanās konstantā temperatūrā.

Laikā, kad no kausējuma izdalās B kristāli, N daudzums nepārtraukti samazinās līdz kausējums ar sastāvu N pilnīgi izzūd. Pēc tam tupinās B kristālu izdalīšanās no kausējuma M pa līniju ME. Eitektiskā punktā notiek gan komponenta A, gan komponenta B vienlaicīga izdalīšanās jeb kristalizācija.

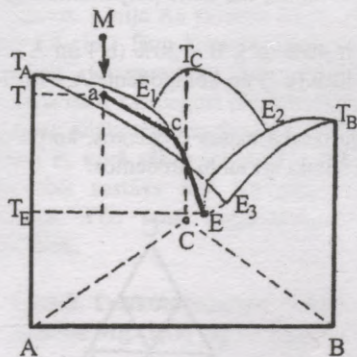
1.5.3. Kristalizācija trīskomponentu sistēmā

Trīskomponentu sistēmas silikātu materiālu ķīmijā un tehnoloģijā, kā arī dabā sastopamas daudz biežāk nekā divkomponentu sistēmas. Kristalizācijas procesi (gaita) ir daudz sarežģītāki nekā divkomponentu sistēmās. It sevišķi kristalizācija kļūst sarežģīta no izzināšanas viedokļa, ja tajā ir klāt gāzveida fāze un spiedienam kristalizācijas procesā ir izšķiroša nozīme. Eksperimentālā pētniecība sistēmās ar gaistošiem komponentiem, resp., gāzveida fāzes klātbūtnē, ir ļoti sarežģīta un tehniskā ziņā nav viegli izpildāma.

Trīskomponentu sistēmas kristalizācijas vienkāršākajā gadījumā, tās grafiskai attēlošanai izmanto vienādmalu trīsstūri (sk. 8.att.).

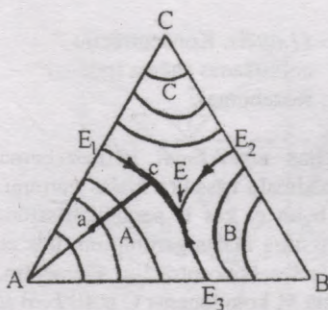
Trīsstūra virsotnes A, B un C atbilst 100 % komponentu A, B un C saturam, t.i., virsotnes atbilst vienkomentu sistēmām. Trīsstūra malas AB, BC, AC atbilst divkomentu sistēmām. Trīskomentu sastāviem atbilst punkti trīsstūra iekšpusē. Katru trīsstūra malu sadala 100 vienlīdzīgās daļās.

Komponentu A, B un C daudzumi trīsstūra iekšpusē attiecīgi atbilst a, b un c, kuru summa $a + b + c = 100$. Komponentu A, B un C kušanas temperatūras T_A , T_B un T_C tiek atliktas uz ordinātu asīm, kas ir perpendikulāras vienādmalu komponentu koncentrācijas trīsstūrim. Tādējādi, izveidojas telpiska figūra – trigonālā prizma.



8.attēls. Trīskomentu sistēmas telpiskais attēls.

Trīskomentu sistēmas invariantā punktā var pastāvēt piecas fāzes – trīs cietās, viena šķidrā un viena tvaika (gāzveida) fāze. Bet tā kā silikātu kausējuma tvaika spiedienu var ignorēt, pieņemot, ka tas atbilst atmosfēras spiedienam, līdz ar to fāžu skaits invariantā sistēmā samazinās līdz četrām un to grafiska attēlošana ievērojami vienkāršojas.



9.attēls. Telpiskā attēla projekcija uz plāksnes.

Uz šīs līnijas sistēma ir monovarianta (divas cietās fāzes un viena šķidrā). Krustojoties trim kušanas virsmām, izveidojas trīskāršā eitektika E, ar viszemāko kušanas temperatūru. Punktā E sistēma ir nonvarianta $F = 3 + 1 - 4 = 0$. Šajā punktā stingri noteiktā temperatūrā līdzsvarā atrodas trīs cietās un viena šķidrā fāze.

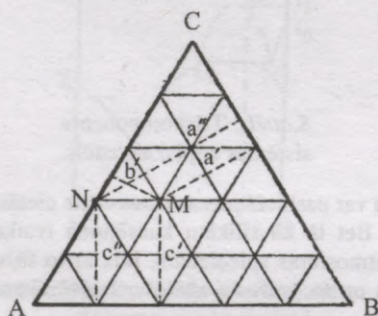
Prizmas sānu skaldnes faktiski ir divkomentu sistēmas ar eitektikām E_1 , E_2 un E_3 . Pievienojot diviem komponentiem trešo, pazeminās maisījuma kušanas temperatūra. Temperatūras samazināšanās atkarība no komponentu koncentrācijas attēlojas kā kušanas virsma. Krustojoties divām tādām virsmām, izveidojas divkomentu eitektiskā līnija.

Temperatūrai pazeminoties, šajā punktā šķidrā fāze izzūd, resp., notiek kausējuma sakristalizēšanās, bet, temperatūru paaugstinot, notiek cieto fāžu kušana. Ja prizmā novelk plāksnes paralēli tās pamatnei, tad tām krustojoties ar kušanas virsmām, iegūstam izotermas. Projicējot kušanas virsmas ar izotermām uz trīsstūra prizmas pamatnes, iegūst trīskomponentu sistēmas stāvokļa diagrammu (sk. 9.att.). Koncentrāciju nolasīšanai pēc Gibbsa metodes izmanto faktu, ka perpendikulu summa, kas novilkta no jebkura punkta trīsstūra iekšienē jeb uz tā malām pret pretējo malu, ir vienlīdzīga ar šī trīsstūra augstumu.

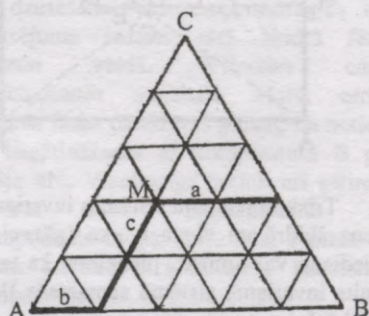
Tātad, ja pieņemam trīsstūra augstumu par simtu, tad katrs perpendikula garums noteiks attiecīgā komponenta daudzumu.

Piemēram, maisījumā M komponents C ir 40% (c'), B – 20% (b') un A – 40% (a'), savukārt, maisījumā N komponents C ir 40% (c'') un komponents A – 60% (a'') (sk. 10.att.).

Parasti sastāva komponentu koncentrāciju izsaka masas procentos, ko parocīgāk lietot aprēķiniem. Dažreiz koncentrāciju mēdz izteikt arī molu procentos.



10.attēls. Koncentrācijas noteikšana trīskomponentu sistēmā (pēc Gibbsa).



11.attēls. Koncentrāciju nolasīšanas shēma (pēc Rozebuma).

Otra metode sastāva komponentu koncentrācijas noteikšanai ir Rozebuma metode (sk. 11.att.). Par vienību vai 100 pieņem vienādmalu trīsstūra malas garumu. Šajā gadījumā M sastāvu izsaka ar nogriežņiem a, b un c, kas ir paralēli trīsstūra malām. Šo nogriežņu garumu summa ir vienāda ar trīsstūra malas garumu un, līdz ar to, katra nogriežņa garums izsaka attiecīgās komponentes koncentrāciju. Piemēram, punktā A komponentu B un C koncentrācija ir 0, punktā M komponents C ir 40%, B ir 20% un A ir 40%.

Vienkāršāk koncentrāciju var nolasīt no apgrieztā z burta, sākot ar trīsstūra kreiso leņķi, tā, piemēram, no 11.attēla izriet, ka punktā M ir šādas komponentu koncentrācijas:

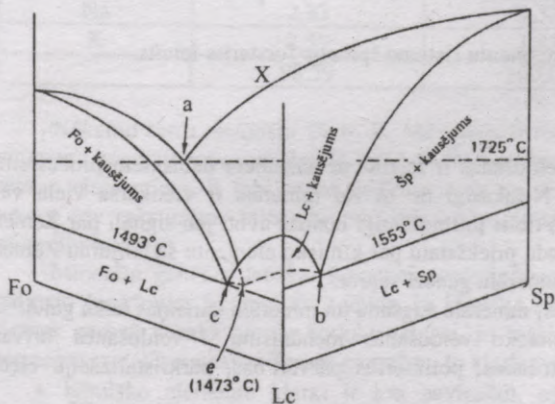
B – 20% (b), C – 40% (c) un A – 40% (a).

1.5.3.1. Trīskomponentu sistēma bez ķīmisko savienojumu un cieto šķīdumu veidošanās

Vispārīgā veidā šāda sistēma parādīta 9.attēlā. Bināro eitektiku līnijas E_1E , E_2E un E_3E sadala šo diagrammu trīs laukos, kuros attiecīgi kristalizējas A, B un C savienojumi. Atdzesējot sastāvu a, kas atbilst punktam M līdz temperatūrai T (sk. 8.att.), sākas savienojuma A kristalizācija. Turpinot kausējuma tālāku dzesēšanu, notiek komponenta A koncentrācijas samazināšanās un bagātināšanās ar komponentiem B un C. Kausējuma sastāvs mainās pa līniju ac, kas ir līnijas Aa turpinājums. Līnija Aa savieno izejas sastāva figuratīvo punktu ar komponentu A, kas izdalās kā cietā fāze kristalizācijas procesā. Līniju ac sauc par kristalizācijas ceļu. Sasniedzot temperatūru, kas atbilst punktam c, kausējumā komponenta C koncentrācija ir sasniegusi piesātinājuma stāvokli un tā eitektikas veidā izdalās kopā ar vielu A un tālāk, temperatūrai pazeminoties, kristalizācija notiek pa cE līdz eitektikas punktam E, kurā sākas arī trešā - pēdējā komponenta B kristalizācija. Līdz laikam, kamēr viss sastāvs nav sacietējis, resp., izkristalizējies, temperatūra T_E paliek nemainīga. Pēc tam, turpinoties dzesēšanai, sistēma pieņem apkārtējās vides temperatūru.

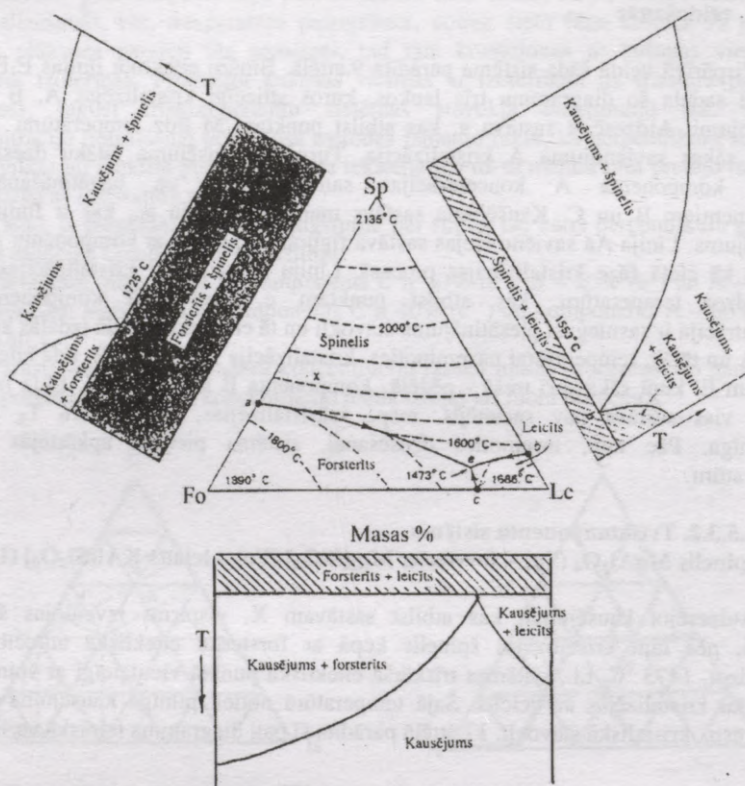
1.5.3.2. Trīskomponentu sistēma špinelis $MgAl_2O_4$ (Sp) – forsterīts $Mg_2[SiO_4]$ (Fo) – leicīts $KAl[Si_2O_6]$ (Lc)

Atdzesējot kausējumu, kas atbilst sastāvam X, vispirms izveidojas špinela kristāli, pēc tam kristalizējas špinelis kopā ar forsterītu eitektiskā attiecībā un, visbeidzot, $1473^\circ C$, t.i., sistēmas trīskāršā eitektiskā punktā vienlaicīgi ar špineli un forsterītu kristalizējas arī leicīts. Šajā temperatūrā notiek pilnīga kausējuma pāreja cietā, resp., kristāliskā stāvoklī. 12.attēlā parādīta šī pati diagramma telpiskā variantā.



12.attēls. Sistēmas špinelis-forsterīts-leicīts diagramma telpiskā veidā.

13.attēlā parādīta sistēma Sp-Fo-Lc, kā arī divkomponentu sistēmas, no kurām izveidota šī trīskomponentu sistēma. Savā starpā šie trīs komponenti neveido jaunus ķīmiskus savienojumus un cietos šķīdumus. Tādējādi, šī sistēma konkrētā veidā pārstāv sistēmu, kura parādīta 8.attēlā.



13.attēls. Trīskomponentu sistēma špinelis-forsterīts-leicīts.

1.6. Minerālu ģenēze

Minerālu rašanās jeb izveidošanās ir saistīta ar dažādiem dabiskiem procesiem, kas norisinās Zemes garozā. Neatkarīgi no tā vai minerāls ir vienkārša viela vai savienojums, jebkurā gadījumā tie ir ļoti nozīmīgi izziņas avoti jeb signāli par Zemes vēsturi. To (minerālu) izpēte rada priekšstatu par ķīmisko elementu sadalījumu Zemes garozā. Prof. D.Grigorjevs ar minerālu ģenēzi saprot:

- 1) minerāla dīgļu rašanos, minerāla augšanu un minerāla izmaiņas laika gaitā;
- 2) minerāla fizikāli ķīmisko veidošanās mehānismu - veidošanas brīvas kristalizācijas procesā, aizvietošanos, polimorfās pārvērtības, pārkristalizāciju cietā stāvoklī, koloīdu novecošanos;
- 3) ģeoloģiskos procesus, kuri ierosina un ir cēloņi minerālu izcelsmei, izaugšanai un pārveidošanai.

Minerālu kristalizācija var notikt no dabiskiem kausējumiem, šķīdumiem vai tvaikiem un gāzes fāzes. Tie var veidoties arī gāzēm un šķīdumiem savstarpēji

ķīmiski iedarbojoties, vai arī tiem iedarbojoties uz Zemes garozas cietām sastāvdaļām (iežiem).

Minerālu ģenēze ir cieši saistīta ar iežu izcelšanos. Tie veido Zemes garozu. Zinātne par Zemes garozu ir ģeoloģija. Tātad minerālu veidošanās pamatā ir ģeoloģiskie procesi. Par Zemes garozu sauc plānu Zemes ārējo kārtiņu jeb apvalku līdz 40 km dziļumam. Literatūrā lieto arī terminu litosfēra ("litos" – akmens), ar ko saprot biežāku Zemes kārtu, iekļaujot tajā arī augšējo mantijas daļu līdz 200 km dziļumam. Zemes garozu veido magmatiskie un metamorfie ieži. Šos iežus, savukārt, pārkļāj vēl plānākā kārtiņā nogulumieži.

Vidējais magmatisko iežu ķīmiskais sastāvs (%), pēc F.Klarka un H.Vašingtona domām, ir šāds:

SiO ₂ - 59,14	Na ₂ O - 3,84
Al ₂ O ₃ - 15,24	K ₂ O - 3,13
MgO - 3,49	TiO ₂ - 1,05
CaO - 5,08	H ₂ O - 1,15
FeO - 3,80	P ₂ O ₅ - 0,30
Fe ₂ O ₃ - 3,08	MnO - 0,12

Dažādu Zemes garozu veidojošo iežu analīžu rezultāti liecina, ka Zemes garozā praktiski sastāv no 8 galveniem elementiem (sk. 1.tab.).

1.tabula

Zemes garozas sastāvs

Elements	Masas %	Tilpuma %	Jona rādiuss, Å
O	46,60	93,77	1,32
Si	27,77	0,86	0,39
Al	8,13	0,47	0,57
Fe	5,00	0,43	0,67
Mg	2,09	0,29	0,74
Ca	3,63	1,03	1,05
Na	2,83	1,32	0,98
K	2,59	1,83	1,33
	98,59	100,00	

Nākamo četrus elementus Ti, P, H, Mn saturs ir robežās no 0,1 - 1,0. Visu pārējo elementu kopējais saturs nepārsniedz 0,5 %. Šādus elementus sauc par izkļēdētiem jeb reti elementiem, it īpaši tajos gadījumos, ja tie mazās koncentrācijās dēļ nespēj veidot sev raksturīgus minerālus un, līdz ar to, praktiski atrodami tikai izplatītāko minerālu sastāvos.

Minerālu ģenēzes labākai izpratnei nepieciešams zināt V.Goldšmita formulēto galveno ģeokīmijas likumu, kurā teikts, ka ķīmisko elementu daudzumu, t.i., klarkus Zemes garozā nosaka atomu kodolu uzbūve, jo īpaši ārējo čaulu elektroni. Izdarot elementu izplatības analīzi Zemes garozā no to klarku viedokļa iegūti šādi secinājumi:

- Ķīmisko elementu klarki ir ļoti nevienādi, piemēram, izplatītākā elementa skābekļa klarks Zemes garozā $1,5 \cdot 10^{15}$ reizes pārsniedz ļoti retā polonija klarku.
- Izplatītāki ir elementi ar nelieliem atomu numuriem; periodiskās sistēmas pirmie 26 elementi (līdz Fe) ir 99,74 % no Zemes garozas masas.
- No vieglajiem elementiem ar mazāku izplatību Zemes garozā izceļas Li, Be, B un C. Li klarks ir 0,0065, Be – 0,00035, B – 0,003 un C – 0,032 masas procenti.

- Daudz izplatītāki ir elementi ar pāra atomu numuriem, kuru masa ir 86 %. Pāra elementu klarki gandrīz vienmēr ir lielāki par nepāra blakus elementu klarkiem. Taču ir vairāki izņēmumi, piemēram, As (33) klarks ir lielāks par Ge (32) un Se (34) klarkiem, kā arī Br (35) ir izplatītāks nekā Se (34) un Kr (36), Li ir izplatītāks nekā He (2) un Be (4).

- Īpaši izplatīti elementi, kuru atommasa dalās ar 4: O, Si, Ca, Fe, Ba, Pb u.c. Šo elementu nuklonu skaits atbilst maģiskajiem skaitļiem (2, 8, 20, 26, 56, 82 protoniem, 2, 8, 20, 30, 82, 126 neitroniem). Kosmiskajā telpā šo izplatītāko elementu grupā ietilpst arī He, kuru, Zemes garoza ģeoloģiskās attīstības gaitā lielā mērā ir zaudējusi. Augstās svina izplatības cēlonis daļēji ir U un Th radioaktīvā sabrukšana. Ar anomālu izplatību uz blakuselementu fona izceļas Bi (Nr. 83, atommasa 209), kurš arī daļēji ir tagad izmirušo amerīcija, neptūnija un francija sabrukšanas produkts. Pēc A.Fersmana aprēķiniem, 4 n elementi (izotopi) ir 86,3 % no Zemes garozas masas, vēl 12,7 % ir izotopi $4n + 3$ (Al, K, Na, F, Cl u.c.) un tikai 1 % ir izotopi $4n + 1$ un $4n + 2$, kur galveno masas daļu dod ūdeņradis. Vēl ir atrasta palielināta izplatība arī elementiem, kuru atomnumuri atšķiras par 6: O (8) – Si (14) – Ca (20) – Fe (26), ko var izskaidrot ar noteiktu nuklonu periodiskumu kodolā.

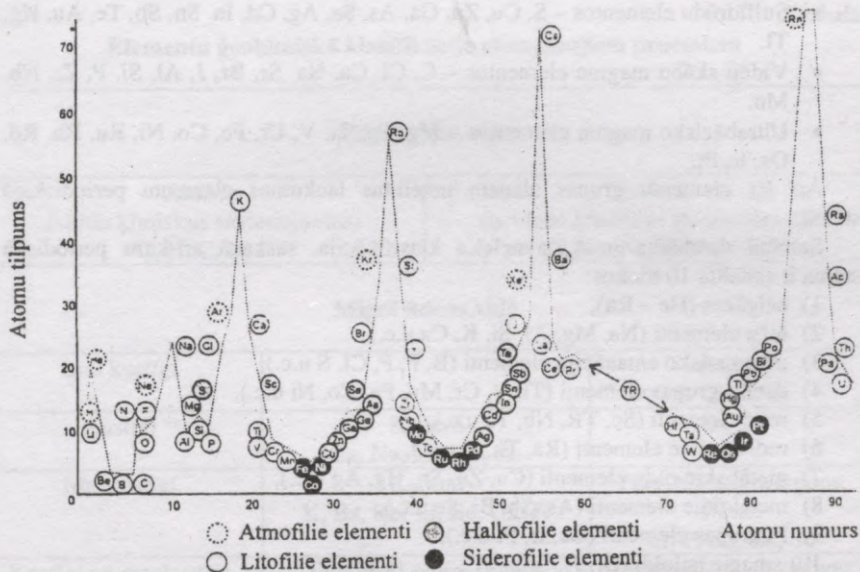
Ir daudz elementu ģeoķīmisko klasifikāciju saistībā ar to līdzdalību dažādos ģeoķīmiskos procesos, bet teorētiskais pamats visos gadījumos ir viens – elementu periodiskā sistēma.

Viena no populārākajām ir **V.Goldšmita klasifikācija**, kurā atspoguļotas elementu spējas koncentrēties un veidot noteiktus dabiskus ķīmiskos savienojumus specifiskās (galvenokārt šķidrās kausējumu) sistēmās analogiski rūdu kausēšanas procesiem, kur notiek noteikta šītas vielas diferenciācija: uz augšu izdalās karstās gāzes, virspusē uzpeld sārņi, zem tiem sulfīdi, bet apakšējā daļā uzkrājas metāli, un elementi sadalās pa 4 fāzēm. Pieņemot, ka Zeme sākotnēji bijusi izkausētā stāvoklī, V.Goldšmits uzskatīja, ka tajā notikusi līdzīga elementu diferenciācija gāzes fāzē (atmofilie elementi), oksīdu un silikātu sakausējumos – sārņos (litofilie elementi), sulfīdu fāzē (halofilie elementi) un metālu fāzē (siderofilie elementi).

V.Goldšmita minētās elementu grupas ieņem noteiktas pozīcijas atomu tilpumu līknēs (sk. 14.att.). Atomu tilpums ir atoma masas un elementa blīvuma dalījums un pēc būtības raksturo tilpumu, ko ieņem viens elementa mols cietā stāvoklī. Atomu tilpumiem raksturīgs izteikts periodiskums. Periodos, sākot ar I grupu, tie krasi samazinās līdz minimālām vērtībām. Elementi ieņem noteiktas vietas līkņu maksimumos, minimumos, kā arī uz augšup un lejupejošiem zariem.

Atmofilie (atmosfēras) elementi izvietojas atomu tilpumu līkņu augšupejošos zaros, relatīvi augstos līmeņos. Ietilpst 8 elementi: cēlgāzes, ūdeņradis un slāpekļis. Neietilpst skābeklis, kurš iekļauts citā grupā saskaņā ar izcilo lomu litosfērā.

Litofilie elementi atomu tilpumu līknēs atrodas uz lejupejošiem zariem. Tie veido lielāko grupu ar 53 elementiem (Li, Be, B, C, O, F, Na, Mg, Al, Si, P, Cl, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, J, Cs, Ba, TR, Hf, Ta, W, At, Fr, Ra, Ac, Th, Pa, U). Tie ir galvenie elementi, kas veido iežus, kuriem raksturīga tieksme veidot savienojumus ar skābekli. Dabiskos apstākļos ķīmiskā ceļā tie praktiski nereducējas līdz brīva elementa stāvoklim.



14.attēls. Elementu atomu tilpumi.

Halkofilie elementi jeb tiofilie (sēru mīlošie) izvietojas uz līkņu augšupejošiem zariem. Veido savienojumus ar S, Se, Te, viegli reducējas, nereti sastopami tīrradņos. Šajā grupā ietilpst 19 elementi (S, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Se, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Te, Au, Hg, Tl, Pb, Bi, Po).

Siderofilie elementi (gr. sideros – meteorītu dzelzs) atrodas līkņu zemākajā daļā. Vairumam šo elementu ir tipisks tīrradņu stāvoklis. Šajā grupā ietilpst 11 elementi (Fe, Co, Ni, Mo, Ru, Rh, Pd, Re, Os, Ir, Pt).

Visas šīs grupas labi izdalāmas meteorītu vielā. Litofilie elementi veido akmens meteorītus, siderofilie – dzelzs meteorītus, bet halkofilie – meteorītu sulfīdu fāzi. Zemes apstākļos atmofilie elementi veido atmosfēru, litofilie – litosfēru un lielāko daļu mantijas, halkofilie – koncentrēti sulfidrūdās, bet siderofilie veido planētas kodola metālisko fāzi.

Periodiskajā sistēmā blakus elementiem ar ļoti izteiktām ģeoķīmiskām īpašībām ir arī elementi, kuri apvieno siderofilās – halkofilās, halkofilās – litofilās, litofilās – atmofilās īpašības. Dzelzī apvienotas pat triju grupu (lito-halko-siderofilās) īpašības. Ar skābekli bagātā vidē dzelzs izturas kā litofils elements, bet reducējošā, ar sēru bagātā vidē, dzelzs ir halkofila.

Bez šīm četrām elementu grupām ir arī **biofilie** elementi, kas atrodami augos un dzīvniekos.

A.Fersmana klasifikācija pamatojas uz elementu lomu endogēnajos procesos. Pēc šīs klasifikācijas elementus iedala:

- Skābo magmu un pneimatolītu elementos – H, He, Li, Be, B, O, F, K, Rb, Cs, Y, TR, Hf, Mo, Ta, W, Bi, Po, Rn, Ra, Ac, Th, Pa, U, Al, Si, P.

- Sulfīdrūdu elementos – S, Cu, Zn, Ga, As, Se, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Te, Au, Hg, Tl.
- Vidēji skābo magmu elementos – C, Cl, Ca, Na, Sr, Br, J, Al, Si, P, Zr, Nb, Mn.
- Ultrabāzisko magmu elementos – Mg, Sc, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Ru, Rh, Rd, Os, Ir, Pt.

Arī šīs elementu grupas aizņem noteiktus laukumus elementu periodiskajā sistēmā.

Samērā detalizēta ir **A.Zavaricka** klasifikācija, saskaņā ar kuru periodiskā sistēma ir sadalīta 10 blokos:

- 1) cēlgāzes (He – Rn),
- 2) iežu elementi (Na, Mg, Al, Si, K, Ca u.c.),
- 3) magmatisko emanāciju elementi (B, F, P, Cl, S u.c.),
- 4) dzelzs grupas elementi (Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni u.c.),
- 5) retie elementi (Sc, TR, Nb, Ta u.c.),
- 6) radioaktīvie elementi (Ra, Th, U u.c.),
- 7) metāliskie rūdu elementi (Cu, Zn, Sn, Hg, Ag u.c.),
- 8) metaloīdie elementi (As, Sb, Bi, Se u.c.),
- 9) Pt grupas elementi (Os, Ir, Pt u.c.),
- 10) smagie haloīdi (Br, J).

Eksogēnajiem procesiem elementu ģeokīmisko klasifikāciju ir izstrādājis

A.Perelmanis (sk. 2.tab.).

Valda uzskats, ka, Zemei veidojoties, notikusi tās masas diferenciacija jeb sadalīšanās pa koncentriskām kārtām. Vienlaikus ar diferenciacijas procesu notikusi arī ķīmisko elementu agregācija jeb sadalīšanās pa noteiktām grupām. Kā jau minēts, V.Goldšmits šos procesus salīdzina ar procesiem, kas notiek iegūstot metālus rūdu kausēšanas krāsnīs. Var arī uzskatīt, ka Zemes garoza ir izveidojusies no sarežģīta sastāva kausējuma, ko veido visi periodiskās sistēmas elementi un to savienojumi. Diferenciacijas procesa rezultātā, ko vienlaikus pavada elementu agregācija pa noteiktām grupām, izveidojas pēc ķīmiskā sastāva dažādi kausējumi, no kuriem, savukārt, izveidojas dažāda tipa iežu un minerālu atradnes.

Izšķir endogēnās un eksogēnās iežu un minerālu atradnes.

Pirmās izveidojas Zemes dziļēs no magmas (kausējuma), vai no magmas kausējuma (lavas), kas vulkāniskās darbības rezultātā no planētas dziļumiem nonācis Zemes virspusē.

Eksogēnās atradnes veidojas Zemes garozas virsmā no endogēniem iežiem, tiem pārveidojoties.

Endogēnās atradnes iedala magmatogēnās un metamorfogēnās, bet eksogēnās – supergēnās un noguluma atradnēs.

Elementu ģeokīmiskā klasifikācija eksogēnajiem procesiem

Migrē gaisā vidē		
Aktīvie (veido ķīmiskus savienojumus) O, H, C, N, J		Pasīvie (neveido ķīmiskus savienojumus) Ar, He, Ne, Kr, X, Rn
Migrē ūdens vidē		
Ļoti kustīgi		Anjoni S, Cl, B, Br
Kustīgi	Katjoni Ca, Na, Mg, Sr, Ra	Anjoni F
Mazkustīgi	Katjoni K, Ba, Rb, Li, Be, Cs, Tl	Pārsvarā migrē anjonu formā Si, P, Sn, Ge, Sb
Kustīgi un mazkustīgi oksidējošā vidē un inerti krasi reducējošā vidē	Enerģiski migrē skābos (galvenokārt katjonu formā), bet vāji migrē bāziskos ūdeņos Zn, Ni, Cu, Pb, Cd, Hg, Ag	Enerģiski migrē (galve- nokārt anjonu formā) kā skābos, tā bāziskos ūdeņos V, U, Mo, Se, Re
Kustīgi un mazkustīgi reducējošos apstākļos, inerti oksidējošos apstākļos	Fe, Mn, Co	
Mazkustīgi vairumā dabisko eksogēno sistēmā	Vāji migrē ķīmisku savienojumu veidā Al, Ti, Zr, Cr, TR, Y, Nb, La, Th, Sc, Ta, W, Hf, In, Bi, Te	Neveido ķīmiskus savienojumus Os, Pd, Ru, Pt, Au, Rh, Ir

1.7. Minerālu veidošanās ģeoloģiskie procesi

Liela nozīme Zemes garozas veidošanās procesā ir magmai (magma no grieķu valodas – sajaukta masa), kas ir dažādu elementu un to savienojumu, galvenokārt silikātu, kausējums. Kausējumu temperatūra var mainīties robežās no dažiem simtiem līdz dažiem tūkstošiem grādu.

Kausējumam, resp., magmai kristalizējoties, izveidojas cieti individualizēti savienojumi – minerāli, kuri, savukārt, izveido agregātus, ko sauc par iežiem. Ieži var būt poliminerāli un monominerāli. Minerālu un iežu veidošanos procesu no magmas sauc par endogēno jeb magmatisko procesu un minerālus un iežus, kas izveidojušies no magmas, par primāriem.

Endogēnā procesā izveidojušies minerāli un ieži, nonākot saskarē ar atmosfēru, dažādu fizikālu un ķīmisku procesu rezultātā sadēdē un no tiem izveidojas jauni

minerāli un ieži. Šādu procesu sauc par eksogēno procesu un veidojumus par eksogēniem jeb sekundāriem veidojumiem.

Vēl ir pazīstami metamorfie veidojumi. Tie rodas no endogēniem un eksogēniem veidojumiem, tiem pārveidojoties temperatūras, spiediena un šķīdumu iedarbības rezultātā.

Zināma loma minerālu un iežu veidošanās procesā ir augiem un dzīvajiem organismiem (florai un faunai), t.i., bioloģiskajiem faktoriem.

Praktiski visu šo minēto procesu rezultātā izveidojušies ir visi zināmie minerāli un ieži uz Zemes. Jāatzīmē, ka zināms ir kosmiskais minerālu veidošanās process, bet šo minerālu izcelsmei nav tieša sakara ar planētu Zemi.

1.7.1. Magma

Magma veidojas Zemes dziļēs. Magmai atdziestot un sacietējot Zemes garozas dziļākos slāņos, no tās izveidojas **intruzīvie ieži**, ko sauc arī par **dziļuma** jeb **plutoniskiem iežiem**.

Zemes garozas kustības rezultātā tajā var rasties plaisas, pa kurām magma izplūst jeb izverdz uz Zemes virsmas. Šādu magmu, kas nonākusi uz Zemes virsmas, sauc par **lavu**. Lavai sacietējot, izveidojas **efuzīvie ieži**, ko sauc arī par **izlijuma** jeb **vulkāniskiem iežiem**.

Abas šīs iežu grupas ar attiecīgajiem minerāliem bieži mēdz saukt tikai par magmatiskiem iežiem.

3.tabula

Granītu, bazaltu un magmatisko iežu elementārais ķīmiskais sastāvs, %

Elementi	Granītu vidējais sastāvs pēc Deli	Bazaltu vidējais sastāvs pēc Deli-Nigli	Magmatisko iežu vidējais sastāvs pēc Klarka
O	48,40	44,85	46,59
Si	32,90	23,16	27,72
Al	7,85	8,16	8,13
Fe	2,43	8,71	5,01
Ca	1,55	6,30	3,70
K	3,38	1,26	4,60
Na	2,43	2,31	2,85
Mg	0,58	3,73	2,09
Ti	0,23	0,82	0,63
H	-	-	0,13
P	0,10	0,18	0,13
Mn	0,12	0,24	0,10
Pārējie elementi	0,03	0,28	0,32
Summa	100,00	100,00	100,00

Starp intruzīviem un efuzīviem iežiem ir būtiska atšķirība to veidošanās apstākļos jeb atdzišanas un kristalizācijas procesā. Intruzīvie ieži veidojas relatīvi

augstā temperatūrā, kā arī spiedienā. Efuzīvo iežu veidošanās temperatūra saglabājas samērā augsta, bet spiediens ir tuvs atmosfēras spiedienam.

Intruzīvie ieži veidojas ilgstošā kristalizācijas procesā un visi magmu veidojošie komponenti (arī gaistošie) ietekmē kristalizāciju.

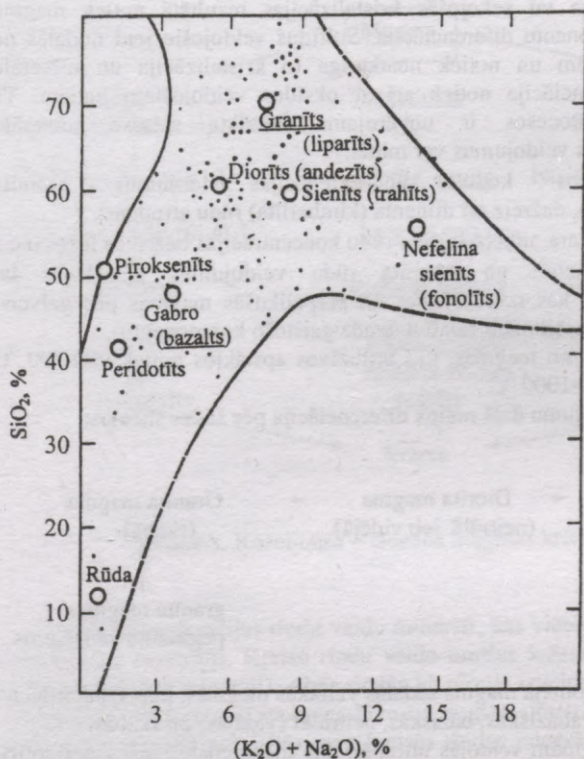
Efuzīvie ieži no lavas izveidojas ātri, jo izplūdušās lavas atdzišanas process ir straujš. Gaistošiem komponentiem ir maza ietekme uz attiecīgo iežu veidošanās procesu.

Priekšstatu par magmas un lavas elementāro ķīmisko sastāvu dod magmatisko intruzīvo un efuzīvo iežu ķīmiskās analīzes rezultāti.

3.tabulā ir apkopoti dati par divu izplatītāko iežu - granīta un bazalta, kā arī magmatisko iežu vidējais elementārais ķīmiskais sastāvs.

No magmas komponentiem svarīgākie oksīdi ir: SiO_2 , Al_2O_3 , $\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$, MgO , CaO , Na_2O , K_2O un H_2O .

15.attēlā parādīts SiO_2 un sārmu metālu oksīdu saturs svarīgākajos dziļuma un izlijuma iežos. Iekavās ietvertie nosaukumi ir izlijuma iežu nosaukumi, kas pēc sastāva analogijas atbilst attiecīgiem dziļuma iežiem. Pasvītroti ir divu visizplatītāko iežu tipi, t.i., granīts un bazalts.



15.attēls. SiO_2 un sārmu metālu oksīdu saturs svarīgākajos dziļuma un izlijuma iežos (pēc P.Grota).

1.7.2. Minerālu veidošanās endogēnie procesi

Endogēnā procesā minerāli veidojas vai nu no magmas, vai arī tai atbilstošas lavas. Šāda magma ir kausējums, kuru 90 % no masas veido silikāti ar nelielu rūdu veidojošu savienojumu piemaisījumu un 10 % tajā izšķīdušas gaistošās vielas, no kurām galvenais pēc masas ir H_2O . Endogēnā procesā izšķir trīs stadijas:

- 1) tiešā magmatiskā stadija;
- 2) pegmatīta stadija;
- 3) pneimatolītiskā-hidrotermālā stadija.

1.7.2.1. Tiešā magmatiskā stadija

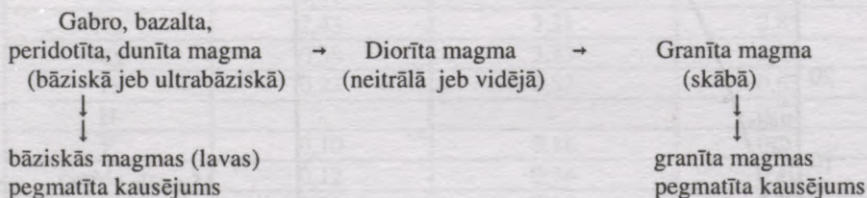
Tiešā magmatiskā stadijā minerālu veidošanās procesā galvenā nozīme ir pirmatnējai neizmainītai magmai. Minerālu kristalizācijas secība no magmas tai atdzīstot, ir atkarīga no ķīmiskā sastāva, temperatūras, laika, komponentu koncentrācijas u.c. Magmas kausējumu veido gan vienkāršie (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Fe^{2+} , Al^{3+}), gan kompleksie joni ($[SiO_4]^{4-}$, $[SiO_3]^{2-}$, $[Si_2O_6]^{4-}$, $[Si_4O_{10}]^{4-}$, $[Si_4O_{11}]^{6-}$, $[AlSi_3O_8]^{1-}$, $[TiO_4]^{4-}$) u.c.

Migrācijas procesā un tai sekojošās kristalizācijas rezultātā notiek magmu veidojošo daļiņu un komponentu diferenciācija. Sulfīdus veidojošie joni nodalās no silikātus veidojošiem joniem un notiek neatkarīga to kristalizācija un minerālu veidošanās. Līdzīga diferenciācija notiek arī ar oksīdus veidojošiem joniem. Tā rezultātā magmatiskos procesos ir novērojama noteikta sastāva minerālu koncentrēšanās. Kā galvenos veidojumus var minēt:

- protomagmatiskos (protos - kodols) vai segregācijas veidojumus - hromīta ($FeCr_2O_4$), osmija, irīdija, dažreiz arī dimanta (kimberlīta) rūdu atrodnes;
- likvācijas veidojumus - vara, niķeļa sulfīdu rūdu koncentrācijas bāziskos iežos u.c.;
- savdabīgus titāna-magnetīta un hromīta rūdu veidojumus bāziskajās un ultrabāziskajās magmās, kas izveidojušies no pārpalikušās magmas pēc galveno minerālu izdalīšanās (kausējumā ir relatīvi daudz gaistošo komponentu).

Minerālu kristalizācija no magmas, t.i., intruzīvos apstākļos notiek 900-700 °C temperatūrā, no lavas - 1200-1000 °C.

Magmas silikātu kausējumu daļā notiek diferenciācija pēc šādas shēmas:



Diferenciācijas dēļ sākotnējā magma sadalās vairākās magmās, kuras, atkarībā no SiO_2 daudzuma, iedalās ultrabāziskās, bāziskās, neitrālās (vidējās) un skābās.

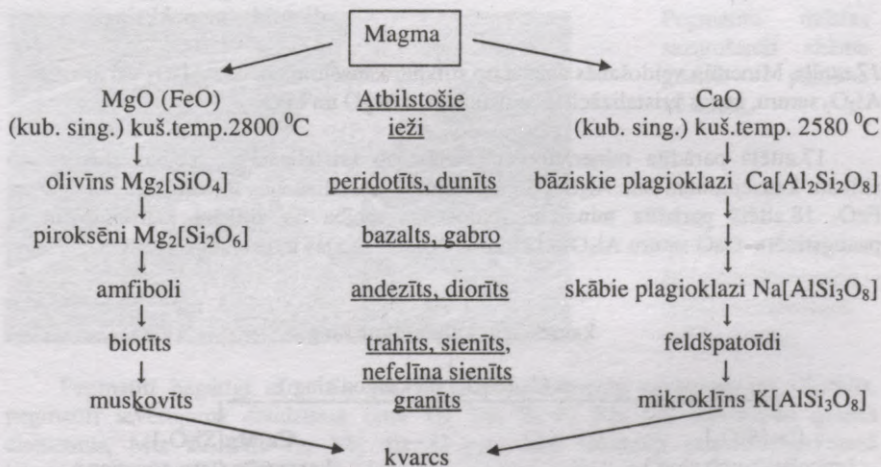
No ultrabāziskām magmām veidojās ultrabāziskie magmatiskie ieži - peridotīts, dunīts, piroksenīts, hornblendīts, kimberlīts. Šajos iežos SiO_2 saturs ir mazāks par 45 % un tie ievērojami daudz satur MgO , FeO , CaO . No bāziskām magmām veidojas

bāziskie ieži, kuros SiO_2 saturs nepārsniedz 50-55 %. Kā bāzisko iežu piemēri atzīmējami gabro, bazalts, diabazs, anortozīts u.c. Neitrālām vai vidējām magmām atbilst neitrālie vai vidējie ieži, kuros SiO_2 saturs ir ap 60 %. Kā šādu iežu piemēri atzīmējami sienīts, diorīts, andezīts, trahīts. Pēc SiO_2 satura ļoti tuvi neitrāliem iežiem ir sārmainie ieži: nefelīna-sienīts un fonolīts (paaugstināts $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ saturs). Skābajos iežos SiO_2 saturs ir vairāk par 63-65 %. Kā skābo iežu pārstāvji minami granīts, granodiorīti, kvarca diorīti, riolīti, liparīti, dacīti u.c.

Tiešā magmatiskā stadijā no silikātu magmas izveidojas relatīvi maz minerālu.

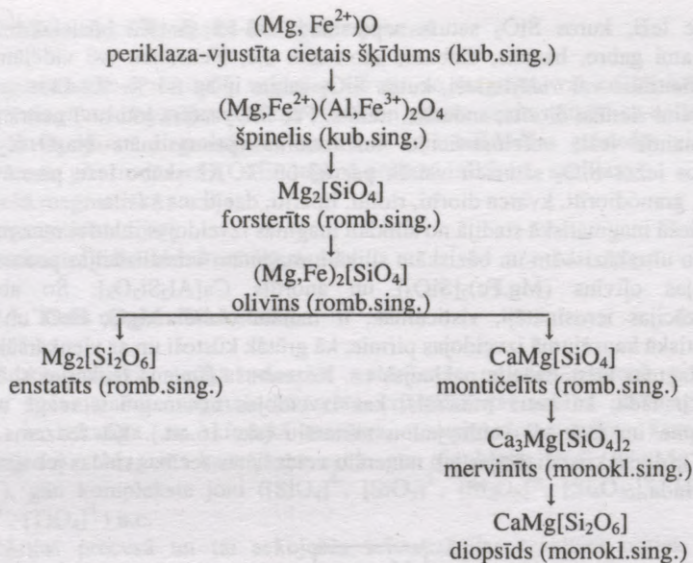
No ultrabāziskām un bāziskām silikātu magmām kristalizācijas procesā vispirms izveidojas olivīns ($\text{Mg,Fe}_2[\text{SiO}_4]$) un anortīts $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$. Šo abu silikātu kristalizācijas ierosinātāji, visticamāk, ir metālu oksīdi MgO , FeO un CaO , kas magmatiskā kausējumā izveidojas pirmie, kā grūtāk kūstoši un ar vienkāršāku uzbūvi.

Magmas kristalizācija pakļaujas t.s. Rozenbuša-Bouena reakcijas shēmai, kuras būtība ir tāda, ka katrs minerāls, kas izveidojas no magmas, reagē ar palikušo kausējumu un tādējādi veido jaunu minerālu (sk. 16.att.). Kā redzams attēlā, šai shēmai ir divas kristalizācijas jeb minerālu veidošanās secības rindas jeb zari – labā un kreisā rinda.



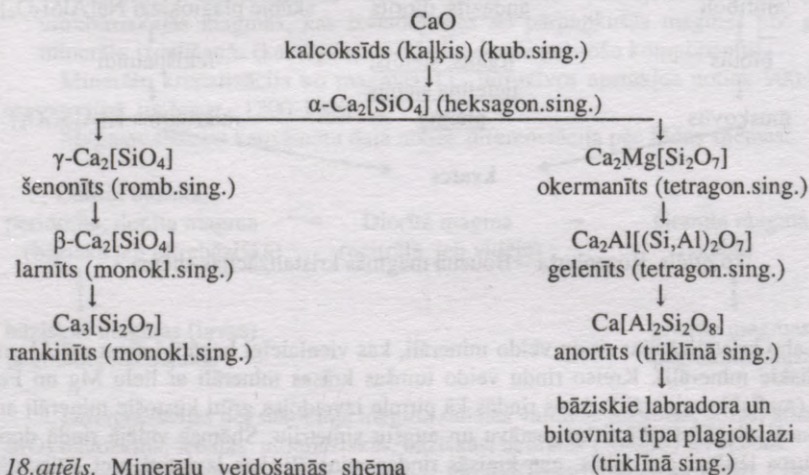
16.attēls. Rozenbuša – Bouena magmas kristalizācijas shēma.

Labo kristalizācijas rindu veido minerāli, kas vienlaicīgi bagātīgi satur arī Al un Si (saliskie minerāli). Kreiso rindu veido tumšas krāsas minerāli ar lielu Mg un Fe saturu (mafiskie minerāli). Abās rindās kā pirmie izveidojas grūti kūstošie minerāli ar salīdzinoši vienkāršu ķīmisko sastāvu un augstu simetriju. Shēmas vidējā rindā doti ieži, kuros ietilpst gan labās, gan kreisās rindas minerāli, kas izvietoti pret attiecīgā ieža nosaukumu.



17.attēls. Minerālu veidošanās shēma no silikātu kausējumiem bez Al_2O_3 vai ar mazu Al_2O_3 saturu, kuros kristalizācijas ierosinātājs ir MgO un FeO.

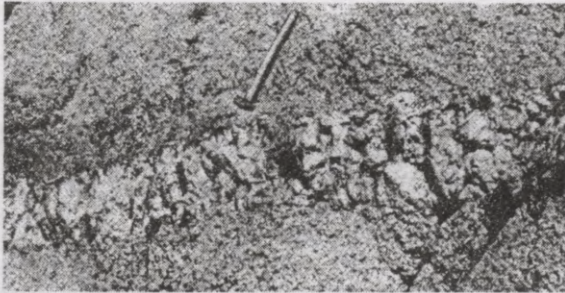
17.attēlā parādīta minerālu veidošanās jeb kristalizācijas secības shēmas no silikātu kausējumiem bez Al_2O_3 . Šajā gadījumā kristalizācijas ierosinātājs ir MgO un FeO. 18.attēlā parādīta minerālu veidošanās secība no silikātu kausējumiem ar paaugstinātu CaO saturu Al_2O_3 klātbūtni. Kristalizācijas ierosinātājs ir CaO.



18.attēls. Minerālu veidošanās shēma no silikātu kausējumiem ar paaugstinātu CaO saturu un Al_2O_3 klātbūtni.

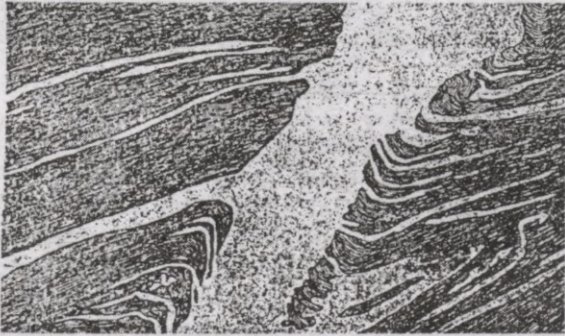
1.7.2.2. Pegmatīta stadija

Pēc minerālu un iežu izveidošanās tiešajā magmatiskajā stadijā kausējumā ievērojami pieaudzis gaistošo komponentu saturs, kā rezultātā pārpalikuši magma ir kļuvusi maz viskoza un, tātad, viegli plūstoša. Gaistošie komponenti ir šādi: H_2O , CO_2 , HCl , HF , CO , H_2S , SO_2 , N_2 , CH_4 , H_3BO_3 , H_3PO_4 u.c.



Šāda mazviskoza magmas samērā viegli iespīezas izveidojušās iežu (granītu, gneisu u.c.) plaisās, tos sacementējot ("pegmatos" no grieķu valodas - stipra saiste) (sk. 19.att.).

19.attēls. Pegmatīta dzīsla granītā.



Pegmatītu dzīslas sazaršanās shēma gneisā parādīta 20.attēlā.

20.attēls. Pegmatītu dzīslas sazaršanās shēma gneisā.

Pegmatīti bagātīgi satur Si , Al , Ca , sārmu elementu savienojumus. Turklāt, pegmatīti ievērojamā daudzumā satur Li , Be , B , F , Rb , Cs , lantanoīdu grupas elementus, Mo , Zr , Hf , Ta , Nb , Th , U u.c., kuri sākotnēji magmā bija mazā koncentrācijā, bet pēc tiešās magmatiskās stadijas nobeiguma, to koncentrācija ir ievērojami pieaugusi. Šo elementu joni ir vai nu ar pārāk maziem, vai arī pārāk lieliem rādiusiem, lai tie varētu piedalīties izplatītāko magmatisko iežu minerālu struktūru veidošanā, vai arī izomorfi aizvietotu jonus tajās.

Pegmatīti parasti izveidojas asociācijā ar granītiem un nefelīna-sienītiem, retāk ar citiem iežiem. Granīta pegmatītos parasti koncentrējas tādi retie elementi, kā - Ta , Nb , Sc , Y , U , Sn , nefelīna-sienīta pegmatītos - Zr , Th , Ce .

Pegmatīti parasti izveidojas $700-400^{\circ}C$ temperatūrās. Pēdējā temperatūra ir tuva gaistošā komponenta H_2O kritiskajai temperatūrai, t.i., temperatūrai, virs kuras nav iespējams sašķīdināt gāzi (H_2O), to saspiežot. H_2O kritiskā temperatūra ir $374,2^{\circ}C$. Gaistošie komponenti, kas darbojas kā mineralizatori, veicina pegmatītiem raksturīgās - rupjgraudainās struktūras veidošanos.

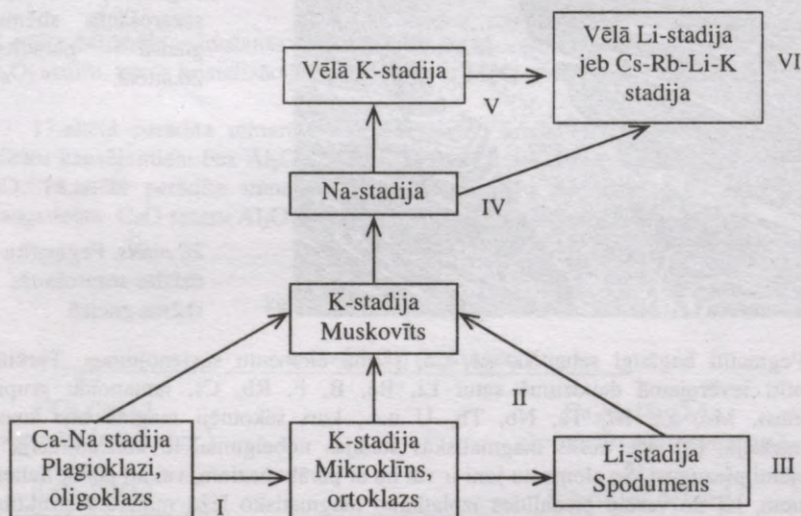
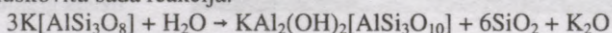
Piemēram, pegmatīta stadijā ir izveidojies kvarca kristāls, kura garums sasniedz 5,5 m un tā diametrs ir 2,5 m; berila kristāls $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$, kura garums ir 6 m, svars 200 t; ortoklaza kristāls $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$, kura izmēri ir 10×10 m; prizmatisks turmalīna $\text{Na}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn}, \text{Li}, \text{Al})_3\text{Al}_6(\text{BO}_3)_3(\text{OH}, \text{F})_4[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ kristāls, kura garums ir 3 m, vizla muskovīts $\text{KAl}_2(\text{OH})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$, kura virsma sasniedz 7 m^2 .

Daudzu pegmatītu raksturīga pazīme ir tāda, ka tajos novērojami kvarca un ortoklaza saaugumi; tie ir t.s. rakstu jeb grafiskie pegmatīti. Tas izskaidrojams ar vienlaicīgu kvarca un ortoklaza kristalizāciju.

Visizplatītākie pegmatīta minerāli ir laukšpati (plagioklāzs un ortoklāzs), kvarcs un muskovīts. Arī pegmatītu procesā var novērot pakāpeniskumu. Pēc A. Ginzburga domām, plaši izplatīto granītu pegmatītu veidošanās procesā izšķiramas sešas ģeokīmiskās stadijas (sk. 21.att.):

I. stadijā bez Na-Ca plagioklāziem veidojas arī apatīts $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$; monacīts $(\text{Ce}, \text{La}, \text{Y}, \text{Th})[\text{PO}_4]$; ksenotīms $(\text{Y}, \text{Er})[\text{PO}_4]$, kur $(\text{Y}, \text{Er})_2\text{O}_3 = 61,40\%$ un $\text{P}_2\text{O}_5 = 38,60\%$.

II. stadijā pārsvarā veidojas mikroklīns un ortoklāzs, kuru vēlāk aizvieto ar kvarcu un muskovītu šādā reakcijā:



21.attēls. Pegmatītu procesa galvenās stadijas.

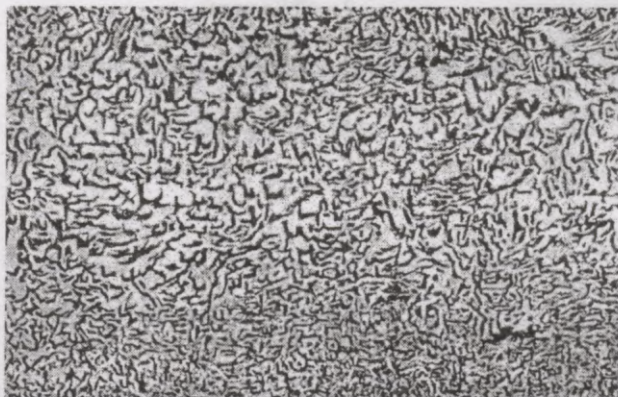
III. stadijā galvenokārt veidojas litiju saturošie minerāli, kā, piemēram, trifilīts $\text{Li}(\text{Fe}, \text{Mn})[\text{PO}_4]$, spodumens $\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$, ambligonīts $\text{LiAl}[\text{PO}_4](\text{F}, \text{OH})$ u.c. Stadijas nobeigumā spodumens kļūst nestabils, to aizvieto ar petalītu $(\text{Li}, \text{Na})[\text{AlSi}_4\text{O}_{10}]$.

IV. stadijā notiek būtiskas izmaiņas pegmatīta veidošanās procesa gaitā. Tas izskaidrojams ar to, ka ievērojami pieaudzis Na saturs un palielinās Mn^{2+} loma, kas

nomaina dzelzs jonu. Tipiskie minerāli turmalīns, Mn-apatīts, trifilīts-litofilīts, kolumbīts, tantalīts un albīts, kas izveidojies no agrāk izveidojušiem laukšpatiem aizvietošanās ceļā. Šādu aizvietošanos sauc par metasomatozi.

V.stadija saistīta ar kālija satura palielināšanos un dažu litija vizlu veidošanos.

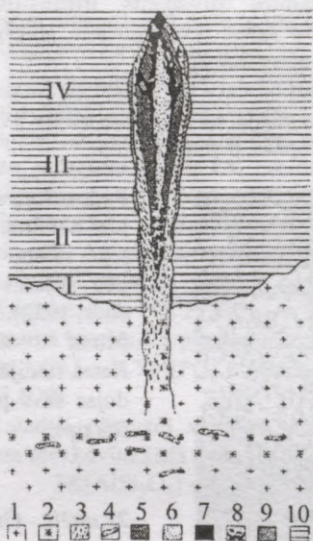
VI.stadijai raksturīgs augsts litija, rubīdija un cēzija, kā arī fluora saturs. Minerāli - rozā un zaļais turmalīns, litija vizla - lepidolīts, topazs, danburīts u.c.



Pegmatīta veidošanās nefelīna sienītos varētu notikt pēc shēmas (Vlasovs, 1952), kurā ir četras stadijas. Katrā stadijā izveidojas savs pegmatīta tips.

22.attēls. Grafiskā pegmatīta pulēta virsma.

1. Vienmērīgi graudains pegmatīts jeb grafiskais pegmatīts (sk. 22.att.). Šis tips izveidojies kristalizējoties kālija laukšpatam un kvarcam vienlaicīgi, t.i., divkomponentu sistēmas $K[AlSi_3O_8] - SiO_2$ eitektiskais sastāvs, ar 74,25 % ir kālija laukšpata un 25,75 % kvarca saturu (kālija laukšpata kušanas temperatūra ir $1190^\circ C$, kristāliskā $SiO_2 - 1713^\circ C$, eitektiskā sastāva - $1000^\circ C$). Šo pegmatīta tipu sauc arī par "ebreju" akmeni.
2. Bloka tipa pegmatīts, veidojas no kausējuma, kas palicis pāri pēc 1.tipa pegmatīta izveidošanās. Saskaņā ar to, ka pārpalikušajam kausējumam ir maza viskozitāte (kausējums ir bagāts ar gaistošiem komponentiem), izveidojas liela izmēra laukšpata un kvarca kristāli, resp., veidojas bloka struktūra. Šī pegmatīta kvarcā ir sastopami minerāli, kas satur retos elementus, kā spodumens $Li, Al[Si_2O_6]$, kasiterīts SnO_2 , berils $Be_3Al_2[Si_6O_{18}]$ u.c. Novērojam kālija laukšpata aizvietošanu ar muskovītu.
3. Pilnīgi diferencētais tips. Pegmatīts sastāv no kvarca kristāliem un retos metālus saturošiem minerāliem. Par pilnīgi diferencēto pegmatītu to sauc, jo minerāli tajā izvietojas pa kārtām.
4. Reto metālu minerālus saturoša tipa pegmatīts. Satur lielā daudzumā reto metālu minerālus. Šis pegmatīts sastopams pegmatītu dzīslas augšējā daļā un ir ar vislielāko praktisko nozīmi.



- 1 – smalkgraudains granīts,
- 2 – rupjgraudains granīts,
- 3 – 4 – raksta granīts,
- 5 – mikrokļīna zona,
- 6 – kvarca zona,
- 7 – albīta zona,
- 8 – minerāli Li un Be,
- 9 – muskovīta-kvarca-albīta zona,
- 10 – aptverošais iezis

23.attēls. Pegmatītu procesa attīstības shēma.

Pegmatīti ir sastopami gandrīz visu veidu magmatiskos iežos, tomēr visvairāk granītos. Šiem pegmatītiem ir arī vislielākā praktiskā nozīme, jo tie satur taustaimniecībai nozīmīgas minerālās izejvielas.

Nozīmīgus pētījumus par pegmatītiem ir veicis krievu ģeokāmiķis, izcils minerālu un iežu pazinējs A.Fersmans. Viņš granīta pegmatītus iedala divās lielās grupās: 1) tīrie pegmatīti un 2) jauktie pegmatīti.

Tīrie pegmatīti izveidojušies no magmas, kas atlikta pēc minerālu un iežu izveidošanās pirmajā tiešajā magmatiskajā stadijā.

Jauktie pegmatīti izveidojušies pegmatītu kausējumam iedarbojoties (reagējot) ar apkārtējiem iežiem. Šādas iedarbības rezultātā pegmatītu kausējums kļuvis bagātāks ar komponentiem, kas vai nu tajā nav bijuši, vai arī sastopami ļoti mazos daudzumos. Savukārt, no pegmatītu kausējuma apkārtējos iežos pāriet komponenti, ar kuriem pegmatītu kausējums ir vairāk piesātināts nekā to aptverošie ieži. Tā, piemēram, pegmatītu kausējumā, kas nokļuvis bāziskos un ultrabāziskos iežos, samazinās K_2O un SiO_2 saturs. Tādējādi, notikusi bāzisko iežu **silicēšanās** (SiO_2 satura palielināšanās tajos) un pegmatīta **desilicēšanās** (SiO_2 satura samazināšanās).

A.Fersmans, izmantojot bagātīgi savāktu faktu materiālu par minerāliem, kas izveidojušies pegmatītu procesā, noteica minerālu veidošanās temperatūras intervālus pegmatītos un to veidošanās procesā izdala desmit atsevišķas stadijas – ģeofāzes. Katrai ģeofāzei atbilst noteikta tipa pegmatīts, kuram nosaukums dots pēc akcesorisko vai otršķirīgo minerālu, kas sastopami tajos, nosaukumiem (sk. 4.tab.).

Tādējādi, izšķir šādu tipu pegmatītus:

- 1) parastie pegmatīti;
- 2) pegmatīti ar retiemi elementiem;
- 3) bora – fluora pegmatīti;
- 4) fluora – berilija pegmatīti;

- 5) nātrija – litija pegmatīti;
- 6) mangāna – fosfātu pegmatīti;
- 7) fluora – alumīnija pegmatīti;
- 8) fluora – karbonātu pegmatīti;
- 9) sulfīdu pegmatīti;
- 10) sārmu elementus saturošie pegmatīti.

4.tabula

Pegmatīta procesa ģeofāzes (A.Fersmana)

Ģeofāzes nosaukums	Temperatūra, °C	Raksturīgie minerāli	Atšķirīgās pazīmes
B	800 – 700	Granāts Magnetīts	Aplītveidīga struktūra*
C	700 – 600	Kvarcs Laukšpats	Grafiska struktūra
D – E	600 – 500	Šerls Muskovīts Topāzs Dūmu kvarcs Laukšpati	Tipiska Pegmatīta struktūra
F – G	500 – 400	Zaļās vizlas Albīts Litiju saturoši minerāli Rubelīts	Notikusi agrāk izveidojušos minerālu aizvietošanās
H – I – K	400 – 50	Zaļās vizlas – Žilbertīts, Fuksīts Sulfīdi Karbonāti Ceolīti	Liela nozīme bijusi karstiem šķīdumiem
L	50 – 0	Mālu minerāli Sekundārais kalcīts Halcedons	Virsmas veidojumi

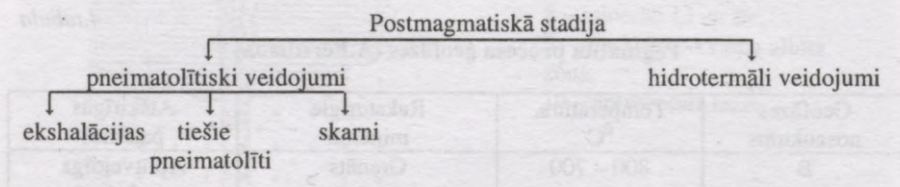
* Par aplītiem sauc smalkgraudainus vai blīvus skābos dzīslu iežus, kas nelielā daudzumā satur krāsainos minerālus.

Konstatējam, ka pegmatītos ir ap 280 minerālu. No tiem: ~ 95 silikāti, ~ 50 fosfāti, ~ 20 oksīdi, ~ 40 tantālu un niobiju saturošie.

1.7.2.3. Pneimatolītiski-hidrotermālā (postmagmatiskā jeb pēcmagmatiskā) stadija

Magmai kristalizējoties, pārpalikušais kausējums arvien vairāk piesātinās ar gaistošām vielām līdz iestājas tāds brīdis, kad kausējums ar gaistošām vielām ir pārsātināts. Šajā gadījumā, turpinoties kristalizācijai, gaistošās vielas sāk izdalīties gāzveidīgā fāzē, kas iespiežas minerālos. Tālākā procesa gaitā gāzveidīgā fāze iežos

atdziest un pakāpeniski izveidojas karstais šķīdums, kas atrodas zem ievērojama spiediena (~ 400 °C). Postmagmatiskajā stadijā izšķir divas apakšstadijas: 1) pneimatolītiskā; 2) hidrotermālā. Dažreiz postmagmatisko stadiju mēdz vienkāršāk apzīmēt par pneimatolītisko-hidrotermālo stadiju. Pneimatolītiskos veidojumus iedala trīs grupās: ekshalācijās, tiešos pneimatolītos un skarnos. Schematiski šo stadiju var attēlot šādi:



Ekshalācijas minerālu morfoloģijas īpatnība ir to zemjainums vai sīkkristāliskums. Visbiežāk tie sastopami plāna uzsūvēdrojuma, zemjainu agregātu veidā uz lavas vai kā sīki kristāli un drūzas lavas tukšumos.

5.tabula

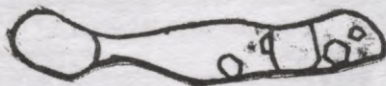
Galvenie ekshalācijas minerāli

Veidošanās apstākļi		Galvenie minerāli	
		nosaukums	formula
Tiešā sublimācija no vulkāniskām gāzēm		Sērs	S
		Halīts	NaCl
		Silvīns	KCl
		Tenardīts	Na ₂ SO ₄
		Glazerīts	K ₂ Na(SO ₄) ₂
		Anhidrīts	CaSO ₄
		Sasolīns	B(OH) ₃
Reakciju rezultātā	starp vulkāniskām gāzēm	Sērs	S
		Hematīts	Fe ₂ O ₃
		Pirīts	FeS ₂
	Tenorīts	CuO	
	starp vulkāniskām gāzēm un atmosfēru	Salmiaks	NH ₄ Cl
Gāzu iedarbība ar iežiem		Fluorīts	CaF ₂
Kondensāta iedarbība ar iežiem		Ģipsis	CaSO ₄ ·2H ₂ O
		Alunogēns	Al ₂ [SO ₄] ₃ ·18H ₂ O
		Alauni	(K,Na)Al[SO ₄] ₂ ·12H ₂ O
		Alunīts	KAl ₃ [SO ₄] ₂ (OH) ₆

Ekshalācijas saistītas ar vulkānu darbību un tās var būt: 1) virsmas ekshalācijas, ja gāzes izdalās tieši no magmas, kas vulkānu darbības laikā nokļuvusi Zemes virspusē; 2) dziļuma ekshalācijas, kas saistītas ar magmu, kas atrodas Zemes dziļākos

slāņos. Vulkāna darbības ekshalācijas veidojušās sublimācijas procesā no gāzēm, vai arī reakciju rezultātā starp vulkāniskām gāzēm, vai arī reakciju rezultātā starp gāzēm un apkārtējiem iežiem, kā arī kondensātu iedarbības dēļ ar apkārtējiem iežiem. Galvenie ekshalācijas minerāli apkopoti 5.tabulā.

Tiešie pneimatolīti veidojas no gāzu fāzes, kas izdalās no šķīdumiem. Par to liecina minerāli, kas ievērojamā daudzumā satur gaistošās vielas, vai arī minerāli, kuros ir iekļāvumi, kas pie karsēšanas homogenizējas gāzes fāzē. No gaistošām vielām, kas veido gāzveida iekļāvumus, minerālos var būt H_2O , HF , HCl , H_2S , CO_2 . Ja minerāla gāzveida iekļāvumā paaugstinātā temperatūrā ir izšķīdušas cietas vielas, tad, temperatūrai pazeminoties, gāzveida iekļāvumā var izveidoties gan šķidrā fāze, gan cietie iekļāvumi t.s. "minerāli – gūstekņi" (sk. 24.att.).



24.attēls. Daudzfāžu iekļāvums topāza kristālā. Gāzveida vai šķidrā iekļāvumā izveidojušies minerāli ar kristalogrāfiskām formām.

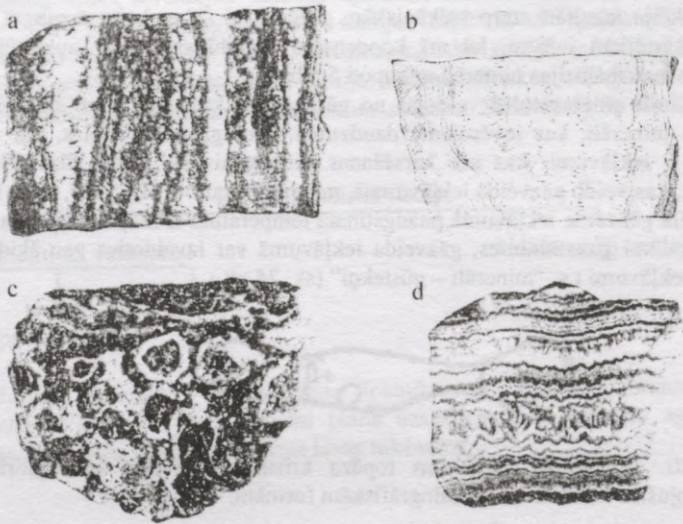
Tiešos pneimatolīta veidojumus vairums gadījumos ir grūti atdalīt no hidrotermāliem produktiem, kas izveidojas salīdzinoši augstākās temperatūrās.

Skarni ir specifiski veidojumi, kas rodas magmatiskiem iežiem nonākot kontaktā ar citiem atšķirīga sastāva iežiem. Piemēram, reaģējot kaļķakmenim ($CaCO_3$) ar skābo magmatisko iezi granītu, izveidojas grūti šķīstošs silikāts $CaCO_3 + Na[AlSi_3O_8] \rightarrow Ca_3(Al,Fe)_2[SiO_4]_3$ (granāts). Zviedrijā par skarniem nosauktas kontaktu iežu atradnes, ko veido Mg-Fe un Ca-Mg-Fe silikāti. Skarnu veidošanās reakciju veicinošs faktors ir gāzveida fāzes klātbūtne. Dažreiz skarnu procesus sauc arī par kontaktu-metasomatiskiem procesiem, jo šajos procesos vienu minerālu aizvieto ar otru. Skarnu veidošanos varam novērot arī uz granīta pieminekļiem grūti izšķīdināmu notecējumu veidā. Šajā gadījumā notiek šuves materiāla hidratācija un tā hidrolītiska iedarbība ar granīta minerāliem.

1.7.2.4. Hidrotermālie procesi

Magmatiskam kausējumam atdziestot, tas bagātinās ar gaistošiem komponentiem. Atdziestot zemāk par H_2O (galvenais gaistošais komponents) kritisko temperatūru (tīram H_2O $374,2^\circ C$), gaistošie komponenti sašķīdinās un pārvēršas par karstiem šķīdumiem. Šķīdumiem cirkulējot pa iežu plaisām un tukšumiem, no tiem pie noteiktas koncentrācijas izkristalizējas izšķīdušās vielas. Šie karstie šķīdumi iedarbojas arī uz apkārtējiem iežiem, veidojot jaunus minerālus vai minerālu agregātus. Kā hidrotermālā veidojuma piemērus var minēt kvarca paveidus gan kalnu kristālu, gan arī daudzus citus minerālus un minerālu agregātus.

Ja notiek šķīdumu iedarbība ar apkārtējiem iežiem, rodas specifiski minerālu veidojumi un agregāti, izveidojas dzīslu tipa minerālu agregāti ar tipiskām krustifikācijas, joslainām, zobainām, kokardes veida formām (sk. 25.att.).

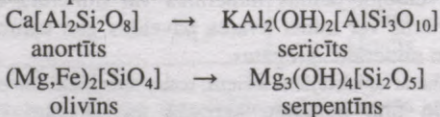


25.attēls. Minerālu agregātu formas hidrotermālās dziļslās: a – joslainas, b – zobainas, c – kokardes veida, d – krustifikācijas formas.

Hidrotermālo minerālu atrodnes ir veidojušās gan no īstiem, gan koloidāliem šķīdumiem. Hidrotermālo minerālu veidošanās sākas relatīvi augstās temperatūrās un bieži notiek vienlaicīgi ar pneimatolītu veidošanos. Par to liecina fakts, ka starp hidrotermāliem veidojumiem atrodami minerāli ar gāzes fāzes iekļāvumiem. Hidrotermālo minerālu zemākās veidošanās temperatūras ir tuvas temperatūrām, kādas pastāv uz Zemes virsmas. Hidrotermālos veidojumus, atkarībā no to atrašanās dziļuma Zemes garozā, iedala trīs grupās:

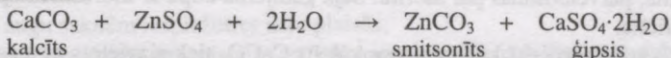
- 1) dziļuma jeb hipotermālie veidojumi, to rašanās notiek 350-450 °C temperatūrā;
- 2) vidējie jeb mezotermālie veidojumi, to rašanās notiek 200-300 °C temperatūrā;
- 3) sekļie jeb epitermālie veidojumi, to rašanās notiek 50 – 200 °C temperatūrā.

Hidrotermālos procesos plaši izplatīta ir minerālu aizvietošanās parādība, ko sauc par metasomatozi. Par **metasomatozi** sauc tādu procesu, kurā minerāls iezi aizvietojas ar citu pēc ķīmiskā sastāva atšķirīgu minerālu vai minerālu agregātu, kas notiek ķīmiskas reakcijas rezultātā starp cieto vielu – minerālu un šķīdumu, kausējumu vai pneimatolītiem. Kā piemērus metasomatiskai aizvietošanai var minēt šādas reakcijas:

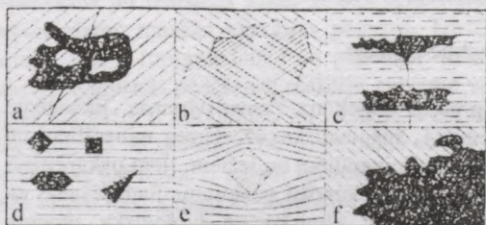


Metasomatiska aizvietošanās ir konstatēta arī gadījumos, kad minerāli veidojas aukstu ūdens šķīdumu reakcijas ar apkārtējiem iežiem rezultātā. Kā tipisku

metasomatiskas aizvietošanās piemēru var minēt cinka sulfāta šķīduma reakciju ar kaļķakmeni:



Tomēr visizplatītākie metasomatiskie procesi notiek saistībā ar minerālu hidrotermālo veidošanos. Metasomatiskie procesi cietajos blīvajos iežos var notikt tādējādi, ka jaunizveidojušais minerāls ieņem to pašu tilpumu. Par to liecina, piemēram, laukšpata anortīta $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$ kontūru saglabāšanās, ja tā vietā izveidojas vai nu kārtainā muskovīta ļoti sīkgraudainais šī minerāla paveids sericīts $\text{KAl}_2(\text{OH})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$, vai arī saliņu tipa minerāla olivīna $(\text{Mg},\text{Fe})_2[\text{SiO}_4]$ vietā izveidojas kārtainā tipa minerāls serpentīns $\text{Mg}_3(\text{OH})_4[\text{Si}_2\text{O}_5]$. Vairumā gadījumu jaunveidojumi rodas vairāk nekā varētu izvietoties aizvietojamā minerāla tilpumā. Šādos gadījumos veidojas jaunizveidotu minerālu izaugumi uz aizvietojamā minerāla, aizpildot brīvo telpu vai izspiežot citus minerālus no to aizņemtām vietām.



26.attēls. Metasomatiskie minerālu agregātu veidojumi iežos: a – blokveidīgi, b – otrreizējā slāņojuma, c – kaļķakmens aizvietošanās ar rūdu, d – labi izveidojušies kristāli, e – pirrta kristāli mīkstā māla slānekļī, f – nenoteikta kontakta aizvietošanās forma.

Parasti metasomatoze ir saistīta ar vielas pārnesei šķīdumu veidā pa iežu plaisām, kas ir kontaktā ar hidrotermālām dzīslām. Augsttemperatūras hidrotermālo minerālu veidojumu atradnes pieguļošos iežos ir radušās skarnu veidošanās procesa rezultātā, kā arī greizenizācijas procesā.

Greizenizācijas procesā notiek galvenokārt skābo intruzīvo, nogulumu, metamorfo un daļēji efuzīvo iežu apaugšana ar kvarcu. Šādus ar kvarcu apaugušus veidojumus sauc par greizeniem. Bez kvarca tie gandrīz vienmēr satur arī muskovītu, litiju saturošās vizlas, turmalīnu $\text{NaMg}_6[\text{Al}_3\text{B}_3\text{Si}_6\text{O}_{25}(\text{OH})_5]$, topāzu $\text{Al}_2(\text{OH},\text{F})_2[\text{SiO}_4]$, fluorītu CaF_2 u.c. Greizenos parasti atrodamas alvas un kvarca dzīslas, kas satur volframa minerālus, retāk – molibdēna, arsēna, bismuta saturošus minerālus.

Vidējas temperatūras hidrotermālo procesu rezultātā notiek aptverošo iežu kvarcošanās, karbonatizācija, sericitizācija, hloritizācija, serpentinizācija u.c. procesi.

Kvarcošanās rezultātā izveidojas sekundārie kvarcīti, galvenokārt uz pārveidoto skābo un neitrālo izlijuma iežu bāzes. Šajā gadījumā veidojas tādi minerāli kā korunds Al_2O_3 , andaluzīts $\text{Al}_2\text{O}[\text{SiO}_4]$, diaspors HALO_2 , alunīts $\text{KAl}_3(\text{OH})_6[\text{SO}_4]_2$, kaolinīts $\text{Al}_2(\text{OH})_4[\text{Si}_2\text{O}_5]$, pirofilīts $\text{Al}_2(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$, sīkgraudainais muskovīta paveids sericīts. Sekundāros kvarcītos ir arī cinka, vara, sudraba un zelta atradnes.

Sericitizācijas procesā notiek alumosilikātu (laukšpata) aizvietošanās primāros, galvenokārt efuzīvos iežos ar sericītu. Ar šo procesu ir saistītas pirrta FeS_2 , halkopirrta CuFeS_2 un sfalerīta ZnS atradņu izveidošanās.

Hloritizācijas procesā notiek magniju un dzelzi saturošo endogēno minerālu, piemēram, olivīna, pārveidošanās par hlorītu. Šajā gadījumā kopā ar hlorītu sastopams arī kvarcs un sericīts.

Karbonatizācijas procesā kalķakmeņos kalcīts CaCO_3 tiek aizvietots ar magniju saturošiem karbonātiem, piemēram, dolomītu $\text{MgCa}(\text{CO}_3)_2$ vai magnezītu MgCO_3 . Šis process visbiežāk saistīts ar svina-cinka un polimetālisku rūdu atradņu veidošanos.

Serpentinizācijas procesā magniju saturošie silikāti, kas atrodas bāziskos un ultrabāziskos iežos, pārveidojas par serpentīnu $\text{Mg}_3(\text{OH})_3[\text{Si}_2\text{O}_5]$.

Kaolinizācijas procesā primārie minerāli pārveidojas par mālu minerāliem – montmorilonītu $(\text{Al},\text{Mg})_2(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$, kaolinītu $\text{Al}_2(\text{OH})_4[\text{Si}_2\text{O}_5]$ u.c.

Hidrotermālos minerālu veidošanās procesos izveidojas cēlmetālu un krāsaino metālu (zelta, sudraba, vara, svina, cinka, antimona, bismuta, dzīvsudraba, molibdēna, kobalta, alvas, volframa, niķeļa, urāna, dzelzs) rūdu atradnes. Pie hidrotermālām atradnēm pieskaitāmas arī kvarca, halcedona, opāla, fluorīta, magnezīta, Islandes špata, barīta, talka, azbesta u.c. atradnes.

1.7.3. Minerālu veidošanās eksogēnie procesi

Minerālu veidošanās eksogēnie procesi notiek uz Zemes virsmas. Eksogēnie minerāli un ieži veidojas no primāriem, t.i., magmatiskas izcelsmes minerāliem un iežiem, vai arī no citiem agrāk izveidojušiem minerāliem un iežiem, tiem pakāpeniski sadēdot un sairstot. Eksogēnie minerāli un ieži ir sekundāri veidojumi. Sadēdēšanas un sairšanas produkti dažādu ģeoloģisku, fizikālu, ķīmisku un bioloģisku procesu rezultātā tiek pārvietoti, šķīroti un nogulsnēti kā uz sauszemes, tā arī ūdens baseinos. Eksogēnie minerāli izveidojas divu tipu procesos: sadēdot vai nogulsnējoties. Sadēdēšanas procesa jaunveidojumus, kas paliek uz pamatiežiem, no kuriem tie radušies, vai arī nogulsnējas bez pārvietošanās, sauc par sadēdēšanas procesa veidojumiem. Savukārt, ja sadēdēšanas produkti ar ūdens straumēm tiek pārvietoti un pēc tam nogulsnēti dabiskos ūdens baseinos (ezeros, jūrās u.c.), tad šādus veidojumus sauc par nogulsnēšanas procesa veidojumiem. Tādējādi, nogulsnēšanās veidojumu rašanās faktiski ir divu procesu summārais veidojums - vispirms sadēdēšana, un pēc tam, nogulsnēšanās ūdens baseinos. Abu šo tipu procesos izveidojas jauni minerāli un ieži, kā arī saglabājas iepriekšējo iežu paliekas. Dažos gadījumos sadēdēšanas minerālus ir grūti atšķirt no nogulsnēšanas minerāliem.

1.7.3.1. Dēdēšanas procesi un minerāli

Dēdēšanas procesi izpaužas pakāpeniskā primāro vai citu agrākas izcelsmes iežu un minerālu sairšanā, sadrupšanā un pārveidē.

Uz Zemes virsmas magmatiskie, kā arī citi ieži un minerāli pakāpeniski dēdē sekojošu faktoru ietekmē:

- temperatūras svārstības;
- ūdenim sasalstot iežu plaisās;
- tekoša ūdens un ledus mehāniskā iedarbība;
- ūdens šķīdinošā iedarbība;

- gaisā un ūdenī esošā skābekļa, ogļskābās gāzes u.c. ķīmisku savienojumu iedarbība;
- augu saknēm iespiežoties iežu plaisās;
- dažādu dzīvo organismu (arī mikroorganismu) izdalīto organisko skābju u.c. aktīvu savienojumu iedarbība.

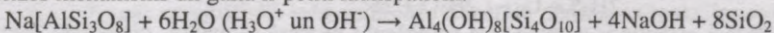
Izšķir šādus sadēdēšanas veidus:

- fizikāli mehānisko;
- ķīmisko;
- bioloģisko un bioķīmisko.

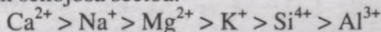
Fizikāli mehāniskā dēdēšanā galvenā nozīme ir temperatūras svārstībām, ūdens sasaldēšanai, tekoša ūdens un ledus mehāniskai iedarbībai un kristalizācijai.

Ķīmiskā dēdēšana notiek daudzu ķīmisku reakciju rezultātā, no kurām svarīgākās ir hidrolīze, oksidēšanās - reducēšanās, jonu sorbcija un apmaiņa, karbonatizācija, hidratizācija, kompleksu savienojumu veidošanās un dialīze. Minerāla sabrukšana un izmaiņas sākas ar tām kristāliskā režģa daļām un virzieniem, kuriem nepieciešams mazāks enerģijas patēriņš. Dēdēšanu ietekmē arī ieža struktūra un defekti tajā - rupjgraudainie un plaisainie ieži sadēd ātrāk nekā smalkgraudaini un masīvi. Ķīmiskās dēdēšanas reakciju galvenie veicinošie faktori ir skābeklis, H₂O un ogļskābā gāze. Ir aprēķināts, ka vienā litrā lietus ūdens var izšķīst 25 - 30 cm³ gaisa, kas satur 30 % skābekļa, 60 % slāpekļa un 10 % ogļskābās gāzes. Visus dēdēšanas produktus var nosacīti iedalīt šķīstošos un nešķīstošos, lai gan nešķīstošu minerālu un iežu vispār nav. Ķīmiskās dēdēšanas reakciju piemēri:

Hidrolīze ir reakcija starp minerāla un ūdens joniem (H₃O⁺ un OH⁻). Visvairāk hidrolīzes mehānisms un gaita ir pētīti laukšpatiem:



Sākumā ūdens hidroksilgrupas aizvieto skābekļa jonus grupās Si-O-Si, jo saite Si-OH ir stiprāka par saiti Si-O. Kad laukšpatu struktūrā ir notikusi zināma daļa šādu aizvietošanu, sārnu metālu jonu saites atslābst, un tos aizvieto H₃O⁺ joni. Ar šo brīdi sākas laukšpatu kristāliskā režģa sabrukšana. Na⁺ (vai K⁺) joni pa deformētā režģa kanāliem migrē šķīdumā, un reakcija plešas plašumā. Režģim deformējoties, tajā rodas tukšumi, palielinās cietās fāzes un ūdens saskares virsmas, kas paātrina procesa norisi. Tādējādi hidrolīze būtībā ir jonu apmaiņas process ar bāzisko katjonu iznesi no struktūras, kas notiek sekojošā secībā:

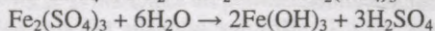
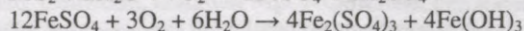
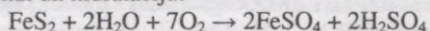


Hidrolīzi veicina temperatūra (tropiskajās zemēs tā norisinās daudzārt intensīvāk nekā mērenajā joslā), kā arī augu sakņu iedarbība (jo pēdējās, būdamas lādētas negatīvi, papildu koncentrē ap sevi H⁺ jonus, kā arī saista atbrīvotos K⁺ jonus). Hidrolīzes norisi veicina intensīva ūdens cirkulācija ar šķīstošo dēdēšanas produktu izskalošanu. Hidroksiljoni, kopā ar kustīgajiem katjoniem, nonāk Pasaules okeānā, bet ūdeņraža (hidroksionija) jons lielā mērā saistīts ar alumosilikātu anjoniem un ieiet mālu minerālos. Tādējādi, sauszeme pārņem hidrolīzes reakciju skābo, bet Pasaules okeāns - bāzisko daļu.

Oksidēšanās procesi parasti norisinās brīvu skābekli saturošā ūdens vidē, kur izplatītākā reakcija ir: $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{e}^-$

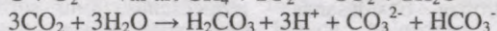
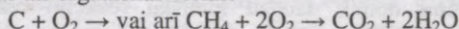
Oksidējoties divvērtīgai dzelzij, kuras koordinācijas skaitlis silikātu struktūrās parasti ir 6, jonu rādiusu starpības dēļ šīs struktūras kļūst nestabilas un sabrūk, dzelzs

atbrīvojas un pāriet samērā mazkustīgā oksīdu vai hidroksīdu formā. Magmatisko iežu dzelzi (Fe^{2+}) saturošie minerāli – olivīni, piroksēni, amfiboli u.c. – sadēd vieni no pirmajiem. Visvieglāk oksidējas sulfīdi, reakcijas nereti norisinās vairākās stadijās un kombinējas ar hidrolīzi un hidratāciju:

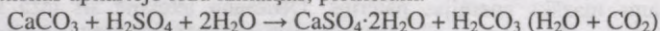


Dabā oksidēšanās reakcijas ir eksotermiskas, t.i., tās norisinās ar siltuma izdalīšanos. Intensīva dzelzs sulfīdu oksidēšanās akmeņogļu iegulās nereti izraisa pazemes ugunsgrēkus. Reakciju galaprodukti ir dzelzs hidroksīds (limonīts). Dzelzs savienojumu oksidēšanās vieglāk norit sārmainā vidē.

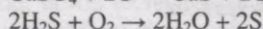
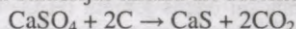
Viegli oksidējas arī organiskās vielas:



Šo reakciju rezultātā radušās skābes (H_2SO_4 , H_2CO_3) ir aktīvi ģeokīmiski aģenti, kas izraisa būtiskas apkārtējo iežu izmaiņas, piemēram:

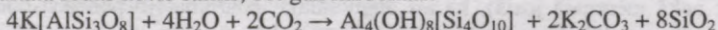


Reducēšanās procesi parasti norisinās ūdens baseinos, augsnēs, sadēdējuma kārtās u.c. sistēmās, kur tā vai cita iemesla dēļ nav brīva skābekļa. Šajā gadījumā darbojas divi galvenie faktori – organiskās vielas un mikroorganismi. Izplatītākais reducēšanās process ir Fe^{3+} pāreja par Fe^{2+} . Divvērtīgās dzelzs savienojumi ir samērā labi šķīstoši un migrējspējīgi. Minētās reducēšanās rezultātā mainās ieža krāsa. Organiskās vielas un baktērijas izraisa arī dabisko sulfātu reducēšanos:

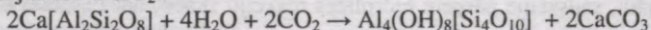


Pēdējā reakcija ir pamatā sēra veidošanās procesā sēravotos, piemēram, Ņemeru sēravotā.

Karbonatizācijas procesi ir iežu un minerālu reakcijas ar CO_3^{2-} un HCO_3^- joniem un ir viens no ķīmiskās dēdēšanas galvenajiem faktoriem. Sākotnējie minerāli daļēji vai pilnīgi sadalās, katjoni saistās labi šķīstošos hidroģēnkarbonātos – $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ u.c. Karbonatizācija ļoti bieži kombinējas ar hidrolīzi. Tādējādi, sākotnējie silikāti zaudē sārmu un sārmezemju metālus, daļēji arī dzelzi, kuri hidroģēnkarbonātu veidā pāriet šķīdumā. Ja šķīduma vide ir bāziska, tad tajā pāriet arī nedaudz SiO_2 , bet lielākā daļa SiO_2 , kā arī Al , Fe^{3+} un Mn hidroksīdi paliek sadēdējumgarozā. Ogļskābes klātbūtnē nedaudz mainās laukšpatu hidrolīzes produkti, kā rezultātā rodas nevis sārms, bet gan karbonāts:

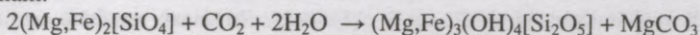


Reakcijā izveidojies kaolinīts paliek uz vietas, K_2CO_3 pilnīgi, bet SiO_2 daļēji pāriet šķīdumā. Šo procesu sauc par kaolinizāciju pēc izveidojušos galaprodukta. Nedaudz savādāk sadalās anortīts, kurā ir mazāk silīcija. Šajā gadījumā dēdēšanās neveidojas brīvs SiO_2 :



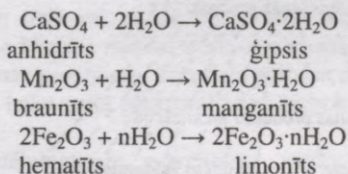
Biotīts ogļskābes klātbūtnē sadalās par kādu no mālu minerāliem, kālija un magnija hidroģēnkarbonātiem, dzelzs hidroksīdiem, SiO_2 . Piroksēnu hidrolīzes un karbonatizācijas produkti ir SiO_2 , kā arī kalcija, magnija un dzelzs²⁺ karbonāti un hidroģēnkarbonāti.

Primāro silikātu hidrolīze ogļskābes klātbūtnē var norisināties arī serpentinizācijas ceļā, kas nereti raksturīga dzelzs-magnija silikātiem, jo sevišķi olivīnam:



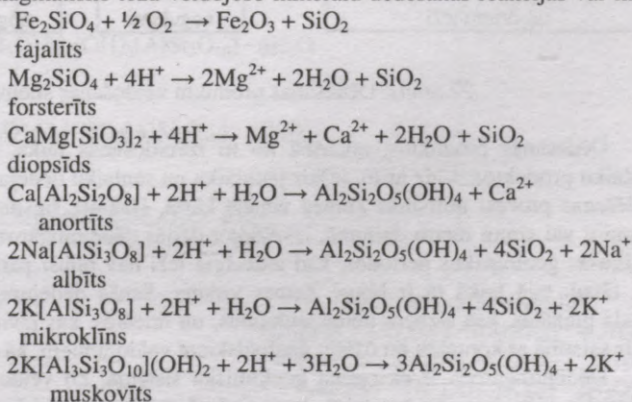
Izplatīts ķīmiskās dēšanas process ir hloritizācija, kurai pakļaujas galvenokārt augīts, biotīts, amfiboli ar pāreju hlorītā $(\text{Mg,Fe,Al})_3(\text{OH})_2[\text{Mg,Al}(\text{OH})_6][\text{Al}_x\text{Si}_{4-x}\text{O}_{10}]$. Sārnu metāli un kalcijs hloritizācijas procesā pāriet šķīdumā, dzelzs daļēji pāriet arī hidroksīdu formā.

Hidratācija – ūdens pievienošanās minerāliem. Hidratācijai raksturīga iežu tilpuma palielināšanās, piemēram, anhidrītam pārejot ģipsī, tilpums palielinās par 30 %:



Katjonu sorbcija un apmaiņa īpaši raksturīga mālu minerāliem, sevišķi montmorilonīta tipa minerāliem (smektītiem). Par katjonu apmaiņas reakciju var uzskatīt arī laukšpatu hidrolīzi, jo sārnu metālu katjonus izspiež ūdeņraža H^+ (H_3O^+) joni. Jonu apmaiņas spēja piemīt arī dažām organiskajām vielām un ceolītiem. Šiem procesiem ir liela nozīme diaģenēzē. Diaģenēze aptver visus procesus, kas norisinās nogulās, sākot ar vielas nogulsnešanos baseina dibenā un beidzot ar nogulu pārveidošanos par nogulumiežiem.

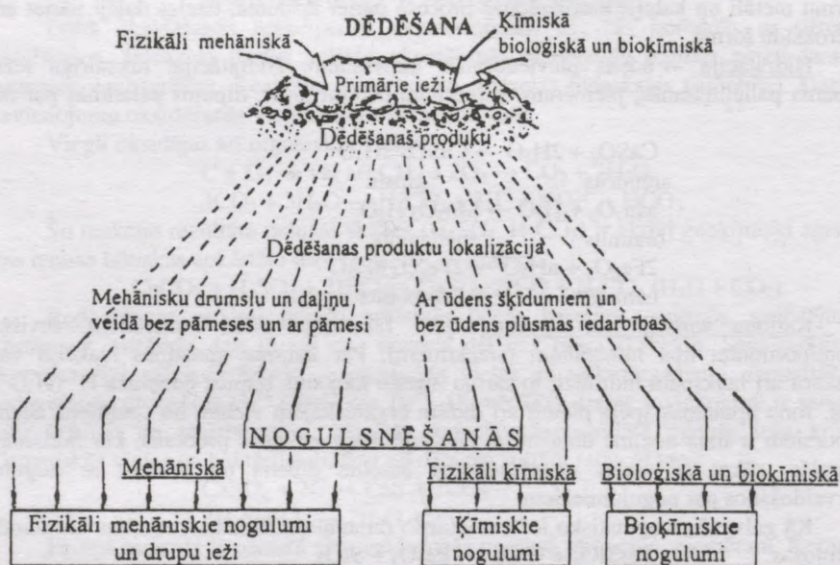
Kā galvenās magmatisko iežu veidojošo minerālu dēšanas reakcijas var minēt sekojošas:



Bioķīmiskā dēšana notiek dzīvo organismu un augu valsts pārstāvju iedarbības dēļ. Ļoti liela nozīme iežu un minerālu dēšanā ir mikroorganismiem. Bioķīmiskā dzīvo organismu un augu valsts pārstāvju loma iežu dēšanas veicināšanā izpaužas tādējādi, ka tie sevī akumulē vielas, kas to eksistences vidē ir ļoti nelielos daudzumos un pēc tam tie tiek pārvērsti minerālos. Dažreiz arī augi un dzīvie organismi darbojas kā katalizatori atsevišķu minerālu veidošanā no šķīdumiem. Pēc V. Vernadska aprēķiniem visos dzīvos organismos ir sastopami tādi elementi kā O, H,

C, N, Ca. Atsevišķos gadījumos, bez jau minētajiem elementiem konstatēti vēl apmēram 20 elementi, to skaitā, Al, Fe, Si, Mg, Ba, J, Sr, P, Mn, Cl, Zn, Br, Cu, V, K, Na.

Fizikāli mehāniskās, ķīmiskās un biokīmiskās dēdēšanas rezultātā uz iežiem izveidojas dēdējumgaroza (elūvijs) (sk. 27.att.).



27.attēls. Dēdēšanas produktu veidošanās shēma.

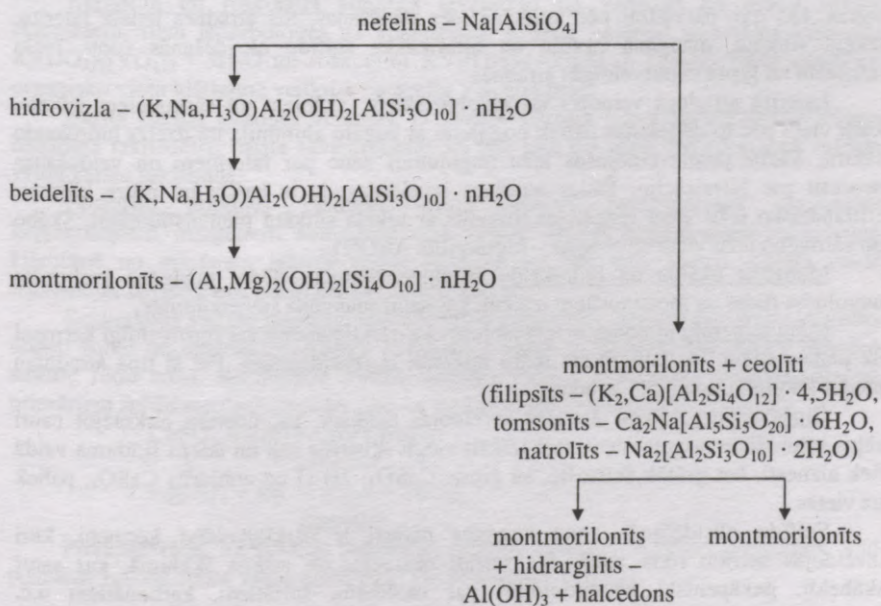
Dēdēšanas produktus, atkarībā no to izveidošanās laika, iedala jaunlaiku un senlaiku produktos. Līdz ar to, izšķir jaunlaiku un senlaiku dēdējumgarozas. Jaunlaiku dēdēšanas procesi norisinās Zemes virsējā kārtā. Dažreiz šie procesi notiek vairāku desmitu vai simtu metru dziļumā, izveidojot dziļās dēdējumgarozas. Senās dēdēšanas notikušas ģeoloģiskos periodos, kad attiecīgie ieži nav bijuši pārklāti ar nogulumiem un, tāpat, tajā laikā tā ir bijusi Zemes virsma. Senās dēdējumgarozas J.Ginzburgs iedala planālās, kas aizņem lielus laukumus, un lineārās, kas izvietotas vienā virzienā un ir saistībā ar kontaktu un dzīslu ģeoloģiskiem veidojumiem, kā arī ar iežu plaisām.

Dēdējumgaroza ir eksogēna ģeokīmiska sistēma, ko veido uz vietas palikušie sākotnējo iežu izmaiņu produkti, kuri zināmā mērā ir saglabājuši šo iežu struktūru iezīmes, bet ieguvuši irdenāku tekstūru. Garozu biezums ir ļoti dažāds – no dažiem centimetriem līdz simtiem metru. Tas atkarīgs no klimatiskajiem apstākļiem (galvenokārt mitruma), augu valsts, reljefa, tektoniskā režīma, iežu sastāva, veidošanās ilguma. Visbiežākās dēdējumgarozas (līdz simtiem metru) veidojas karstā, mitrā klimatā, līdzena vai vāji saposmota reljefa apvidos ar bagātīgu augu valsti. Sausā klimatā šo garozu biezums nepārsniedz dažus metrus. Dēdējumgarozām raksturīga noteikta mineraloģiska un ķīmiska zonalitāte, savs profils. Uz cietiem iežiem jebkura

dēdējumgaroza apakšējā daļā sākas ar drupu horizontu, kas iezīmē pakāpenisku pāreju no svaiga ieža vairāk sadēdējušā, dažkārt to sauc arī par saprolītu. Uz augšu sekojošo horizontu sastāvs dažādās garozās ir atšķirīgs (dažviet dominē hidrovizla, citur – kaolinīts, vēl citur – dzelzs un alumīnija oksīdi un hidroksīdi u.c.). Ķīmisko elementu migrācija dēdējumgarozās visbiežāk izpaužas kā izskalošana un kā akumulācija. Ķīmiskā izskalošana nozīmē selektīvu vieglāk šķīstošo komponentu izšķīšanu un iznesi no ieža, saglabājoties neskartam tā skeletam.

Dēdējumgaroza ir oksidēšanās (būtībā oksidēšanās – reducēšanās) procesu valstība, mainīgu vērtību ķīmiskie elementi šeit tiek nooksidēti līdz augstākai vērtībai (Fe^{3+} , Mn^{4+} , dažreiz pat Mn^{7+} , S^{6+}). Galvenais oksidētājs ir brīvais skābeklis, kas pats nereducējas no O^0 līdz O^{2-} . Ne mazāk svarīgi ir hidratācijas procesi, jo gandrīz visi sekundārie minerāli tādā vai citādā veidā satur ūdeni (adsorbcijas, kristalizācijas, konstitūcijas). Sausa klimata rajonos dēdējumgarozās bieži veidojas CaCO_3 . Intensīvi norisinoties dēdēšanas procesiem, liela daļa garozas cieto sastāvdaļu pāriet koloidālos savienojumos, kuri laika gaitā pārkristalizējas (dzelzs, alumīnija, mangāna hidroksīdi un mālu minerāli).

Sākotnēji dēdējumgaroza galvenokārt sastāv tikai no fizikāli mehāniskās dēdēšanas produktiem. Pēc tam tā kļūst bagātāka ar kalcija hidroksīdu u.c. sārmiem. Nākošajā stadijā no dēdējumgarozas virsējiem horizontiem izzūd ievērojama daļa no sārmiem. Tā kļūst bagātāka ar SiO_2 (kaolinīta tipa dēdēšana), līdz beidzot paliek alumīnija un trīsvērtīgās dzelzs oksīdi un hidroksīdi (albīta tipa dēdēšana). Parasti dēdējumgarozā ir novērojama kārtaina uzbūve ar dažādu minerālo sastāvu.



28.attēls. Minerālu veidošanās secība no nefelīna tā dēdēšanas procesā.

Uz minerāliem, kas nokļuvuši dēdēšanas zonā, dažādi iedarbojas dēdēšanu veicinošie aģenti. Straujāk dēdē orto- un metasilikāti (olivīns - $(\text{Mg,Fe})_2[\text{SiO}_4]_3$, piroksēni - $(\text{Ca,Mg,Fe})_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$, amfiboli - $(\text{Mg,Fe,Ca})_7(\text{OH})_2[\text{Si}_8\text{O}_{22}]$ u.c.). No šiem minerāliem vispirms izveidojas kārtainie silikāti (hlorīti, hidrovizlas), pēc tam seko montmorilonīta un nontronīta veidošanās. Turpinoties dēdēšanas procesam, pašas beigās izveidojas dzelzs un alumīnija hidroksīdi, kā arī kaolinīts. Savukārt no laukšpatiem vispirms izveidojas muskovīts, pēc tam - kaolinīts un montmorilonīts. Kvarcs ir ļoti izturīgs pret dēdēšanas aģentu iedarbību.

Sākotnējo iežu minerālu dēdēšanas procesā jaunie noturīgie minerāli noteiktos apstākļos neizveidojas uzreiz, bet to veidošanās notiek pakāpeniski. Daudzos gadījumos tas ir daudzstadiju process. 28.attēlā parādīta jauno minerālu veidošanās secība no nefelīna tā dēdēšanas procesā.

Minerālu pārvērtības turpinās tik ilgi, kamēr izveidojas minerāli, kas ir stabili un, tāpat, ilgmūžīgi Zemes garozas pašos virsējos slāņos jeb horizontos.

Dēdējumgaroza sastāv no divu tipu veidojumiem:

- 1) cietām daļiņām (fāzēm), kas palikušas pēc dēdēšanas procesa nobeiguma uz vietas un tās ir īstās dēdējumgarozas veidotājas;
- 2) minerāliem, kas izkristalizējušies un izgulsnējušies no šķīdumiem, to migrācijas un infiltrācijas rezultātā.

Izšķir divu veidu minerālu atradnes:

- nepārvietotās jeb paliku;
- infiltrācijas.

Nepārvietotās jeb paliku atradnes veido dēdēšanas produkti, kas palikuši uz vietas, t.i., nav pārvietoti pēc attiecīgā ieža dēdēšanas. Šīs atradnes iedala laterītu, niķeļa silikātu, mangāna oksīdu un hidroksīdu, sulfīdu oksidēšanās zonu, mālu minerālu un ģipša cepurveidīgās atradnēs.

Laterītu atradnes veidojas no ultrabāziskiem, skābiem un sārmainiem iežiem, kuru vietā pēc to dēdēšanas paliek nogulumi ar bagātu alumīnija un dzelzs hidroksīdu saturu. Šādus jaunizveidojušos iežu nogulumus sauc par laterītiem un veidošanas procesu par laterizāciju. Šādas atradnes izveidojas, ja ir karsts un mitrs klimats. Ultrabāzisko iežu vietā izveidojas limonīts ar niķeļa silikātu piemaisījumiem. Skābo un sārmaino iežu vietā izveidojas - hidrargilīts $\text{Al}(\text{OH})_3$.

Mangāna oksīdu un hidroksīdu atradnes veidojas, dēdot mangāna karbonāta noguluma rūdai un metamorfiem iežiem, kas satur mangāna savienojumus.

Mālu minerālu atradnes ir izveidojušās kā pārklājveidīgi vai ligzdveidīgi ķermeņi uz pamatiežiem, no kuriem šie mālu minerāli ir izveidojušies. Pie šī tipa atradnēm pieder kaolinīta tipa māla atradnes.

Ģipša cepurveidīgas atradnes izveidojas tādējādi, ka, ūdenim cirkulējot cauri sāļus saturošiem nogulumiem, tajā izšķīst viegli šķīstošie sāļi un ūdens šķīduma veidā tiek aiznesti, bet grūtāk šķīstošie, kā ģipsis $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ un anhidrīts CaSO_4 , paliek uz vietas.

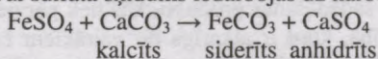
Sulfīdu oksidēšanās zonu atradnes parasti ir pārklājveidīgi ķermeņi, kuri izveidojas sulfīdu rūdu vietā. Šie sulfīdi oksidējas un izšķīst šķīdumā, kas satur skābekli, pakāpeniski pārveidojoties par oksīdiem, sulfātiem, karbonātiem u.c. savienojumiem, līdz beidzot izveidojas silīcija dioksīda un dzelzs hidroksīdu atradnes.

Pieaugot dziļumam, šī zona pāriet primārā neizmainītā sulfīdu rūdā. Sulfīdu oksidēšanās zonu minerālu atradņu izveidē S.Smironovs min trīs galvenos procesus:

- Sulfīdu oksidēšanās procesi, kā rezultātā izveidojas viegli šķīstošie sulfāti un tādā veidā no oksidēšanās zonas tiek iznesta ievērojama daļa savienojumu. Šim procesam raksturīga sekojoša reakcija
$$RS + 2O_2 \rightarrow RSO_4, \text{ kur } R - \text{katjons.}$$
- Skābekli saturošo savienojumu (karbonātu, oksīdu, hidroksīdu) izgulsnēšanās no sulfātu šķīdumiem pēc sekojošām reakcijām
$$RSO_4 + CaCO_3 \rightarrow RCO_3 + CaSO_4$$
$$RSO_4 + MS \rightarrow MSO_4 + RS, \text{ kur } M - \text{metāla jons.}$$
- Skābekli saturošo savienojumu šķīšanas un izgulsnēšanās procesi, kuru rezultātā sulfīda oksidēšanās zona arī pazaudē dažus elementus.

Infiltrējošās minerālu atradnes veidojas no dēdēšanas produktiem, kas izšķīduši gruntsūdenī un pēc tam no jauna izgulsnējušies no šķīdumiem. No infiltrācijas atradnēm visvairāk sastopamas sferosiderīta, karnotīta un roskoelīta, patronīta, barīta, fosforīta un sekundāro sulfīdu atradnes.

Sferosiderītu (siderīta $FeCO_3$ konkrēcijas ar ievērojamu daudzumu mālu minerālu, dzelzs hidroksīdu un pirīta FeS_2 piejaukumu) atradnes izveidojas, ja dzelzs bikarbonāta vai sulfāta šķīdums iedarbojas uz karbonātu iežiem, piemēram:



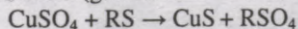
Šajā gadījumā notiek kalcīta aizvietošanās ar siderītu.

Karnotīta un roskoelīta atradnes izveidojas no vanādija un urāna sulfātu šķīdumiem, tiem iedarbojoties uz apkārtējiem iežiem, veidojot minerālus karnotītu $K_2(UO_2)_2[VO_4]_2 \cdot 3H_2O$ un roskoelītu $KV_2(OH)_2[AlSi_3O_{10}]$. Līdzīgi mālu slānekļos organisko vielu klātbūtnē veidojas patronīta VS_2 atradnes.

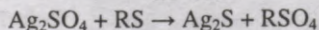
Barīta $BaSO_4$ atradnes veidojas, ja Zemes virsmas ūdeņi no karbonātu iežiem izšķīdina izkliedētos bārija savienojumus un pēc tam no jauna tos pārgulsnē sulfīdu veidā karstu tukšumos.

Fosforītu atradnes veidojas, dēdot fosfora savienojumus saturošiem kalķakmeņiem, mērgēļiem, smilšakmeņiem. $[PO_4]^{3-}$ grupas samērā viegli humusvielu klātbūtnē no minētiem iežiem pāriet šķīdumā un pēc tam kalcija fosfāta veidā izgulsnējas kalķakmens porās vai karstu tukšumos.

Sekundārās sulfīdu atradnes veidojas dēdējumgarozas augšējo horizontu stagnāto ūdeņu zonās un apakšējā horizonta nobeiguma zonās ar pakāpenisku pāreju primāro sulfīdu rūdu zonā. Sekundārie sulfīdi veidojas sulfātu šķīdumiem iedarbojoties uz primāriem sulfīdiem (galvenokārt vara un sudraba) šādās iespējamās reakcijās



kovelīns



argentīts

Pieredze rāda, ka lielākas sekundāro sulfīdu atradnes veidojas gadījumos, kad primāras sulfīdu rūdas veido pirīts FeS_2 vai halkopirīts $CuFeS_2$.

1.7.3.2. Nogulsņēšanas procesi un minerāli

Šie procesi notiek tad, kad sadēdēšanas produktus ūdens straumes pārvieto uz dabiskiem ūdens baseiniem, piemēram, ezeriem, jūrām u.c. Grūti šķīstošos sadēdēšanas produktus ūdens straume pārnes suspendētā stāvoklī, bet izšķīdušos produktus – īsto vai koloidālo šķīdumu veidā. Vielas pārneses veidi var būt dažādi. N.Strahovs tos iedala četrās grupās:

1. Sāļi ar ļoti labu šķīdību (NaCl , KCl , MgSO_4 , MgCl_2 , CaCl_2 u.c.) nepiesātinātu šķīdumu veidā tiek pārnesti uz ūdens baseiniem, kur tie izgulsnējas ķīmiskā ceļā. Šie sāļi, iztvaikošanas procesos, nekad neveido koloidālus šķīdumus vai suspensijas.
2. Sārmzemju metālu karbonāti (CaCO_3 , MgCO_3) un SiO_2 tiek pārnesti vāji piesātinātu šķīdumu vai suspendētā veidā. Tie izgulsnējas galvenokārt ķīmiskā vai bioķīmiskā ceļā.
3. Fe, Mn, P savienojumi, kā arī retāk sastopamo elementu (V, Cr, Ni, Co, Cu u.c.) savienojumi relatīvi vāji šķīst ūdenī un tāpēc ūdens straumes tos parasti pārnes suspensiju vai koloidālu šķīdumu veidā.
4. Mālu, aleirītu un smilts minerāli parasti tiek vai nu pārnesti suspensiju veidā, vai arī pa upju gultni tiek pārvietoti kā rupjgraudaini materiāli.

Gan šķīstošie, gan nešķīstošie sadēdēšanas produkti, kas tiek pārvietoti ar ūdens plūsmām, nogulsņēšanas noteiktā secībā, kura ir atkarīga no vairākiem faktoriem. No izšķīdušajiem savienojumiem vispirms izkristalizējas savienojumi, kuriem piemīt mazāka šķīdība. Savukārt, ja daļiņas ar ūdens strauēm tiek pārvietotas neizšķīdušas, tad vispirms ūdens baseina krasta tuvumā nogulsņējas rupjās daļiņas, kas atbilst grants frakcijai, pēc tam tālāk no krasta – smilts frakcijai atbilstošās daļiņas un, visbeidzot, mazākās daļiņas, kas atbilst aleirītu un mālu frakcijai.

Ķīmiskās un mehāniskās diferenciācijas rezultātā sadēdēšanas produkti veido triju grupu nogulumus:

- mehāniskos (oļi, smiltis un māli);
- daļēji ķīmiskos un daļēji mehāniskos (dzelzs un mangāna hidroksīdi, silīcija dioksīds, kalcija fosfāts, boksīta minerāli, siderīts, vara sulfīds, glaukonīts, atsevišķos gadījumos – kalķakmens un dolomīts);
- ķīmiskos (kalķakmens, dolomīts, fluorīts, anhidrīts, celestīns, ģipsis, halīts, kalcija un magnija sāļi, borāti u.c.).

Izšķir trīs nogulumu iežu grupas:

- fizikāli mehāniskie nogulumi;
- ķīmiskie nogulumi;
- bioķīmiskie (organogēnie) nogulumi.

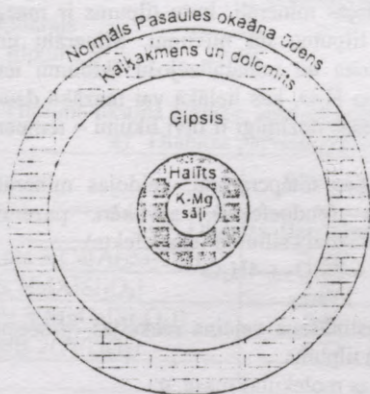
Mehānisko nogulumu un drupu iežu atradnes veido tādi minerāli un ieži kā zelts, platīns, dimants, kvarca smiltis, māli, t.sk. kaolīns, boksīti, fosforīti, monacīts ($\text{Ce,La}[\text{PO}_4]$), kasiterīts SnO_2 , volframīts $\text{Fe}[\text{WO}_4]$, tantalīts ($\text{Fe,Mn}[\text{Ta}_2\text{O}_6]$), kolumbīts ($\text{Fe,Mn}[\text{Nb}_2\text{O}_6]$), cirkons $\text{Zr}[\text{SiO}_4]$, ilmenīts $\text{Fe}[\text{TiO}_3]$, rutils TiO_2 .

Ķīmisko nogulumu atradnes galvenokārt veido kalcija, nātrija, kālija un magnija sāļu minerāli, tādi kā ģipsis, anhidrīts, polihalīts, halīts, karnalīts, epsomīts, karbonāti, borāti u.c.

Sāļu izgulsnēšanās no jūras ūdeņiem, tiem iztvaikojot, notiek noteiktā secībā atkarībā no sāļu šķīdības:

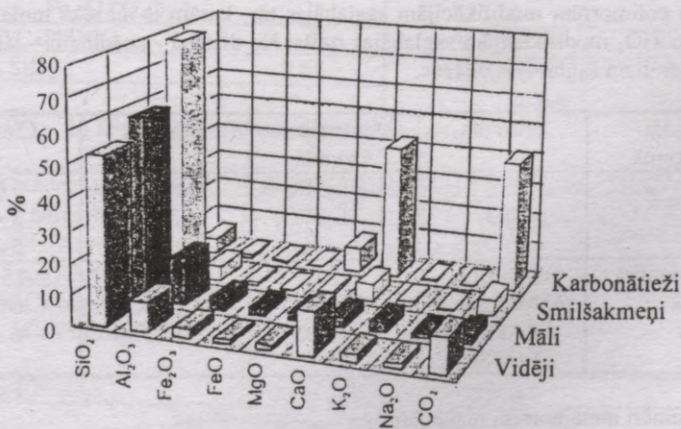
1. Karbonāti.
2. Ģipsis.
3. Akmens sāls un ģipsis.
4. Akmens sāls un anhidrīts.
5. Akmens sāls un polihalīts.
6. Magnija un kālija sāļi.

Galvenās sāļu veidošanās stadijas no jūras ūdens tā iztvaikošanas rezultātā var shematiski attēlot ar koncentriskiem apliem (sk. 28.att.).



Aprēķināts, ka, iztvaikojot 1000 m biežam jūras ūdens slānim, var rasties 0,75 m bieža ģipša un 13,7 m bieža halīta kārtā. Zināmās lielākās atradnēs ģipša slāņa biezumi sasniedz kilometru un pat vairāk, halītam tie ir līdz 350 m. Šādi nogulumu var izveidoties izolētos baseinos, kur iztvaikojušais ūdens patstāvīgi periodiski papildinās ar svaigo ūdeni.

28.attēls. Galvenās jūras ūdens iztvaikošanas stadijas.



29.attēls. Nozīmīgāko nogulumiežu vidējais ķīmiskais sastāvs.

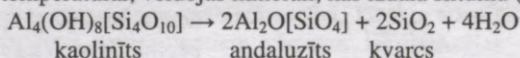
Bioķīmisko nogulumu atradnēm pieskaitāmas liela daļa kaļķakmeņu atradņu, kā arī fosforītu, tīrradņa sēra, diatomīta, dažu dzelzs un mangānu saturošo minerālu atradnes u.c.

Nogulumiežu vidējais ķīmiskais sastāvs parādīts 29.attēlā.

1.7.4. Minerālu veidošanās metamorfisma procesā

Metamorfisma procesos izmainās iežu ķīmiskais un mineralogiskais sastāvs, kā arī to fizikālās īpašības. Piemēram, minerāli, kuru sastāvā ietilpst H₂O un ir stabili uz Zemes virsmas, metamorfisma procesā zaudē visu vai arī lielu daļu H₂O (limonīts pārvēršas par hematītu Fe₂O₃ vai magnetītu FeFe₂O₄, amorfais ogleklis par grafitu utt.). Parasti metamorfisma procesā izveidojas minerāli, kuru tilpums ir mazāks un blīvums lielāks par sākotnējo minerālu tilpumu un blīvumu. Minerālu un iežu pārveidošanās notiek temperatūras, spiediena un mineralizējošu šķīdumu ietekmē. Sevišķi liela nozīme šajā procesā ir CO₂ un H₂O, kas lielākā vai mazākā daudzumā vienmēr atrodas iežos. Metamorfisma procesos nozīmīgi ir divi likumi – temperatūras likums un tilpuma likums.

1. Temperatūras likums. Paaugstinoties temperatūrai, veidojas minerāli, kas absorbē, resp., patērē siltumu (endoeffekts), savukārt pazeminoties temperatūrai, veidojas minerāli, kas izdala siltumu (eksoeffekts).



2. Tilpuma likums. Spiediena paaugstināšana veicina reakcijas (procesus), kā rezultātā samazinās minerāla (ieža) tilpums.

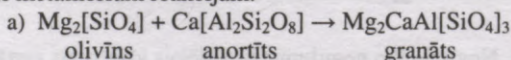
$$\text{Molekulārais tilpums} = \frac{\text{Vielas molekulas masa, g}}{\text{Vielas īpatnējā masa jeb blīvums, g/cm}^3} = \text{cm}^3$$

Piemēri:

1. No polimorfām modifikācijām saglabājas tās, kurām ir mazāks molekulārais tilpums. No TiO₂ modifikācijām saglabājas rutils. No distēna - andaluzīta - silimanīta grupas minerāliem saglabājas distēns.

Minerāla nosaukums	Formula	Simetrijas formula	Blīvums	Cietība
Rutils	TiO ₂	L ₄ L ₂ 5PC	4,2 - 4,3	6
Anatāzs		L ₄ L ₂ 5PC	3,9	5 - 6
Brūkīts		3L ₂ 3PC	3,9 - 4,0	5 - 6
Distēns (kianīts)	Al ₂ O[SiO ₄]	C	3,5 - 3,7	4,5 - 7
Andaluzīts	AlAlO[SiO ₄]	3L ₂ 3PC	3,1 - 3,2	6 - 7
Silimanīts	Al[AlSiO ₅]	3L ₂ 3PC	3,23	6 - 7
	Al ₂ O ₃ ·SiO ₂			

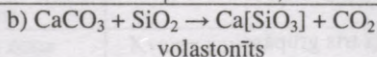
2. Piemēri metamorfām reakcijām:



$$\begin{aligned} \text{Molekulārais} \\ \text{tilpums} &= 43,74 + 100,84 > 118,65 \\ & \qquad \qquad \qquad \underbrace{\hspace{1.5cm}} \\ & \qquad \qquad \qquad 144,58 > 118,65 \end{aligned}$$

Izmantotie lielumi molekulāro tilpumu aprēķināšanai:

	Molekulas masa	Blīvums
Olivīns	140,70	3,22
Anortīts	278,14	2,76
Granāts	418,84	3,53



$$\begin{aligned} \text{Molekulārais} \\ \text{tilpums} &= \underbrace{\hspace{1.5cm}} > \underbrace{\hspace{1.5cm}} \\ & \qquad \qquad \qquad 59,40 > 40,70 \end{aligned}$$

3. Tilpuma likuma piemērs iežu metamorfismam:

a) Diabāza pārveidošanās par amfibolītu

	Blīvums	Molekulmasa	Molekulārais tilpums
Diabāzs (labradors, augīts, ilmenīts)			
Anortīts $3(\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8])$	2,76	834,42	302,54
Albīts $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$	2,62	262,13	99,89
Augīts $3(\text{MgCa}[\text{Si}_2\text{O}_6])$	3,40	649,56	191,04
Ilmenīts $2(\text{FeTiO}_3)$	4,72	303,50	64,30
		Kopā:	657,77
Amfibolīts (skābais plagioklāzs, ragmānis, granāts, sfēns, kvarcs)			
Granāts $\text{Ca}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$	3,53	450,34	127,57
Albīts $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$	2,62	262,13	99,89
Ragmānis $\text{Mg}_3\text{Ca}[\text{Si}_4\text{O}_{11}]$ $\text{Fe}_2\text{Al}[\text{Si}_4\text{O}_{11}]$	3,20	401,28 426,18	258,80
Sfēns $2(\text{CaSiTiO}_3)$	3,40	328,08	96,49
Kvarcs SiO_2	2,65	60,06	22,66
		Kopā:	605,38

b) Diorīta pārveidošanās piroksēna gneisā

Diorīts (andezīns, ragmānis, hematīts)	Molek. tilp.	Piroksēna gneiss (albīts, augīts, magnetīts, kvarcs)	Molek. tilp.
Andezīns $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$	100,3 101,3	Albīts $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$	100,3
Ragmānis $\text{Ca Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{11}]$ $\text{Ca Fe}_3[\text{Si}_4\text{O}_{11}]$	140,0	Augīts $2\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ $\text{CaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ $\text{FeAl}[\text{AlSiO}_6]$	68,2
Hematīts $4(\text{Fe}_2\text{O}_3)$	121,0	Magnetīts $3(\text{Fe}_3\text{O}_4)$	139,2
Kopā:	462,6	Kvarcs SiO_2	68,4
		Kopā:	376,1

Metamorfiem minerāliem parasti nav novērotas pareizas kristalogrāfiskas formas. Visi šie minerāli veidojas vienlaicīgi ierobežotā tilpumā un tiem nav brīvas augšanas iespējas. Minerālu graudus, no kuriem sastāv metamorvais iezis, sauc par **kristālblastiem**. Minerāla graudus ar kristalogrāfisku formu sauc par **idioblastiem**, bet, tos kuriem šāda forma nepiemīt, par **ksenoblastiem**.

Metamorfo iežu minerālu augšana notiek pārkristalizējoties, t.i., minerālu agregātā maza izmēra graudi "it kā" izšķīst un liela izmēra graudi izaug no tiem. Rupjgraudainus minerālus ar izteiktām kristāla skaldnēm metamorfos iežos sauc par **porfiroblastiem**. Kā porfiroblastu piemērus var minēt granātus, staurolītu un amfibolus.

Metamorfos minerālus iedala trīs grupās:

1. Minerāli, kas izveidojušies pārkristalizēšanās dēļ, nemainoties to ķīmiskam sastāvam.
2. Jaunie minerāli, kuru ķīmiskais sastāvs atšķiras no to sākotnēji dotajos apstākļos nestabilo minerālu sastāva (šos minerālus pieņemts saukt par jaunminerāliem jeb neominerāliem un to veidošanās procesu par jaun- jeb neomineralizāciju).
3. Reliktie minerāli, kas ir stabili nemainīgi dotajos metamorfisma apstākļos.

Minerālu un iežu metamorfisms notiek tad, ja magma nonāk tiešā kontaktā ar iežiem. Šādu metamorfisma veidu sauc par **kontakta metamorfismu** un tam bieži ir metasomatisks raksturs, t.i., pārkristalizācija un jaunu minerālu veidošanās notiek ne vien temperatūras, bet arī postmagmatisko šķīdumu ietekmē. Magmai jeb intruzīvam ķermenim, nonākot tiešā kontaktā ar ietvērēja iezi, notiek izmaiņas ietvērēja zona un intruzīvā ķermeņa saskares zonā veidojas jauna kontaktu izmaiņas zona. Šīs zonas biezums mainās robežās no dažiem metriem līdz pat vairākiem kilometriem. Kontakta metamorfisma ietekmē notiek ietvērēja ieža intensīva pārkristalizācija un izveidojas **ragieži**.

Reģionālais metamorfisms, kas notiek spēcīgu intruziju ietekmē, aizņem plašu teritoriju. Šī metamorfisma rezultātā izveidojas dažādi slānekļi un gneisi. Kontakta metamorfisms parasti ir saistīts ar neliela apmēra intruzīviem ķermeņiem, kas izveidojušies nelielā dziļumā. Reģionālais metamorfisms ir saistīts ar liela apjoma un dziļuma magmatiskās masas pacēlumiem. Šajā procesā attīstās augsti spiedienu. Šajā gadījumā metamorfisma process notiek gan relatīvi augsta temperatūras, gan augsta spiediena, gan arī mineralizējošu šķīdumu ietekmē. Metamorfā procesa temperatūras svārstības var būt robežās no 1100-850 °C līdz 400-300 °C, spiediens – no vienas līdz ~ 60000 atm.

Minerālu veidošanās metamorfā procesā patstāvīgi norisinās Zemes garozas slāņos, kur valda paaugstināts spiediens, salīdzinājumā ar atmosfēras spiedienu. Šo metamorfismu sauc par **statisko metamorfismu**. Pieņemot, ka Zemes garozas vidējais īpatnējais svars ir 2,8, var aprēķināt, kā pieaug spiediens dziļumā:

- 100 m dziļumā – 2 MPa jeb 20 kg/cm²
- 1000m dziļumā – 28 MPa jeb 280 kg/cm²
- 10 km dziļumā – 280 MPa jeb 2800 kg/cm²
- 20 km dziļumā – 560 MPa jeb 5600 kg/cm²

Ievērojot, ka līdz ar dziļumu pieaug arī temperatūra, kļūst skaidrs, ka Zemes garozas dziļākajos slāņos nepārtraukti norisinās intensīvs iežu metamorfisms. Zemes

garozā, atkarībā no dziļuma, ir dažādi termodinamiskie apstākļi, kas minerālos izraisa šiem apstākļiem atbilstošas fizikāli ķīmiskas izmaiņas. Ir bijuši vairāki mēģinājumi Zemes garozu sadalīt atsevišķās zonās atkarībā no raksturīgākiem šīs zonas termodinamiskiem apstākļiem, saistot tos ar metamorfisma procesu intensitāti. 6.tabulā redzama dažu tipisku nogulumiežu pārveidošanās metamorfisma zonās.

6.tabula

Nogulumiežu metamorfisms

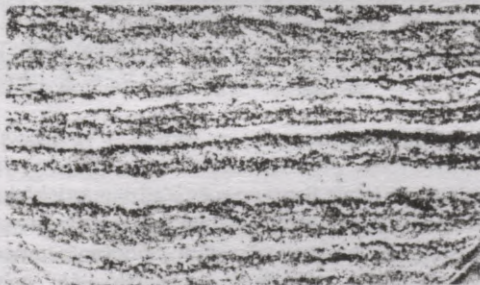
Metamorfisma zonas sadalījums	Iežu nosaukums		
Sadēdēšanas zona (3 km)	Kvarca smiltis	Māls	Kaļķakmens
Cementācijas zona (3-5 km)	Kvarca smilšakmens	Māla slānekļis	Pilnkristālisks kaļķakmens
Augšējā dziļumzona (6-10 km)	Kvarcīts	Filīts	Smalkgraudains marmors
Vidējā dziļumzona (10-20 km)	Slāņots kvarcīts	Vizlas slānekļis	Graudains marmors
Apakšējā dziļumzona (20 km)	Pārkristalizējies kvarcīts	Gneiss	Rupjgraudains marmors

Apakšējā dziļumzonā temperatūra pārsniedz 100°C , bet spiediens sasniedz 1000 MPa. Šādos apstākļos notiek sevišķi stipra iežu metamorfisms, pat granīti kļūst plastiski un spiediena ietekmē iegūst slāņotu tekstūru un var pilnīgi sakust.

Latvijas teritorijā metamorfo iežu pamatslāņi atrodas ļoti dziļi. Ar tipiskiem metamorfiem iežiem varam sastapties tikai laukakmeņu veidā, kas šļūdoņa darbības rezultātā atnesti no Skandināvijas.

Gneisi ir pilnkristāliski, slāņoti ieži (sk. 30.att.). Galvenie minerāli, no kuriem sastāv gneisi, ir laukšpati, kvarcs un vizlas. Atkarībā no tā, kura vizla ir pārsvarā, izšķir vai nu biotīta, muskovīta, vai arī divvizlu gneisu.

No vizlas slānekļiem gneisi atšķiras ar savu raibo, parasti gaišo krāsu, turklāt laukšpati un citi minerāli veido lēcveidīgu slāniskumu (ieža griezumā). Gneisi radušies dziļummetamorfozes procesā kā no magmatiskiem, tā arī no nogulumiežiem.



30.attēls. Gneiss.

Migmatīti ir gneisiem līdzīgi, slāņoti, pilnkristāliski ieži, kas sastāv no laukšpatiem, kvarca un vizlas.



Migmatīti satur raksturīgas gaišas laukšpatiem bagātas granītu dzīslas. Faktiski migmatīti ir magmatisko un metamorfo iežu maisījums (no grieķu valodas "migma" – maisījums).

31.attēls. Apdēdējis migmatīta laukakmens.

Leptīti ir smalkgraudaini, tumšpelēki vai pelēki, ar laukšpatiem bagāti slāņoti ieži (smalkgraudaini gneisi). Galvenie minerāli var būt tādi paši kā granītiem (laukšpati, kvarcs un vizlas) vai arī kā bāziskiem magmatiskiem iežiem (tad iezim ir tumšāka krāsa).

Vizlas slānekļi ir tumši vai sudrabaini spīdīgi pilnkristāliski ieži, smalkgraudaināki par gneisiem, ar pilnīgi paralēlu slāniskumu. Galvenie minerāli (vizlas un kvarcs) ir saskatāmi mikroskopā, laukšpatu vai nu ir maz, vai arī nav nemaz. Atkarībā no pārsvarā esošās vizlas, izšķir: muskovīta, biotīta vai arī divvizlu slānekļus. Ja biotīts sācis ķīmiski sadēdēt, slānekļa virsma kļūst sudrabaina, vēlāk zeltaina. Vizlas slānekļi, salīdzinājumā ar gneisiem, ir mazāk izturīgi.

Filīts ir ļoti smalkgraudains, sīki slāņots vai arī blīvs iezis ar zīda spīdumu, kas rodas no smalkām vizlas (muskovīta) plāksnītēm. Vizlas plāksnītes un kvarcs parasti labi saskatāmi tikai mikroskopā. Filīts radies dziļummetamorfozes ceļā no mālainiem nogulumiežiem. Latvijā filīts sastopams nelielu laukakmeņu veidā.

Amfibolīts ir tumšs, pelēkzaļš vai zaļganmelns, blīvs iezis ar dažāda rupjuma minerālu graudiem. Tas var būt gan slāņots, gan arī neslāņots. Galvenie minerāli ir ragmānis un plagioklāzs. Sastopams nelielu, ļoti izturīgu laukakmeņu veidā.

Kvarcīti parasti ir sarkani, dzeltenī vai vioļeti un sastāv no savā starpā ar SiO_2 sacementētiem vai pat pārkristalizējušiem kvarca graudiem. Kvarcītiem līdzīgus smilšakmeņus, kas satur daudz laukšpatu, sauc par **arkozēm**. Sarkanos kvarcītus sauc par Jotnijas kvarcītiem. Tie visvairāk sastopami Latvijā kā nelieli laukakmeņi, ir ļoti cieti un izturīgi.

1.7.5. Kosmogēnie minerālu veidošanās procesi

Kosmogēnie procesi notiek kosmiskā telpā. Par tiem mēs iegūstam priekšstatu no meteorītu minerālu un Mēness iežu, kā arī no citu Saules sistēmas planētu iežu netiešas ķīmiskās analīzes datiem. Uzskata, ka kosmogēnais minerālu veidošanās process ir tuvs tiešās magmatiskās stadijas minerālu veidošanās procesam, t.i., minerāli veidojušies kristalizējoties kausējumam. Kosmogēno minerālu skaits pārsniedz 100.

1.7.5.1. Meteorītu iedalījums pēc sastāva un struktūras

Meteorīti ir akmens (silikātu) vai dzelzs masas, kas laiku pa laikam no kosmiskās telpas nokrīt uz Zemes. To izmēri ir dažādi – no dažiem milimetriem līdz vairākiem metriem un masa – no dažiem gramiem līdz desmitiem tonnu. Par kopīgo ikgadējo uz Zemes nonākušo meteorītu vielas daudzumu nav vienprātības: no 10 – 20 t līdz 10000 t un pat vēl vairāk. Raksturīga meteorītu pazīme ir stūrainā forma ar nogludinātiem izciļņiem, un apkusušu, bedrainu garoziņu.

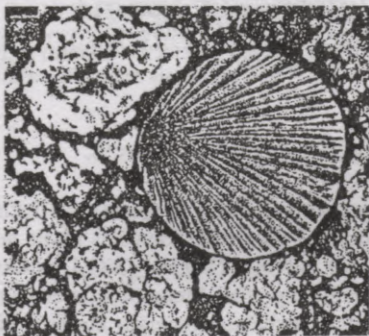
Ir trīs veidu meteorīti:

- dzelzs;
- akmens;
- dzelzs-akmens.

Akmens meteorīti sastāda ~ 90%, tīri dzelzs meteorīti ~ 6% no kopīgā daudzuma. Retāk sastopami jaukti dzelzs – akmens meteorīti.

Dzelzs meteorīti sastāv no dzelzs-niķeļa cietā šķīduma kamasīta (α -Fe ar 6% Ni satura) vai tenīta (γ -Fe ar 26-30% Ni satura) ar retiemi izkliedētiem citu minerālu (šreiberzīta $(\text{Fe,Ni,Co})_3\text{P}$, troilīta FeS, kogenīta FeC, grafīta C, oldgamīta CaS u.c.) ieslēgumiem.

Akmens meteorīti krīt visbiežāk, parasti meteorītu lietus veidā, sabrūkot kādam lielākam meteorītam lidojumā caur Zemes atmosfēru. Kolekcijās dominē dzelzs meteorīti, jo tie vairāk atšķiras no parastajiem Zemes virsmas iežiem un ir vieglāk pamanāmi. Antarktīdā savākta apmēram puse zinātnieku rīcībā esošo meteorītu, kur atrodami ne vien tikko krituši meteorīti, bet ledāju plūsmas virspusē arī senāk kritušus, labi saglabājušos meteorītus. Akmens meteorītus pēc tekstūras īpatnībām iedala hondrītos un ahondrītos.



32.attēls. Hondrītu meteorīta struktūra.

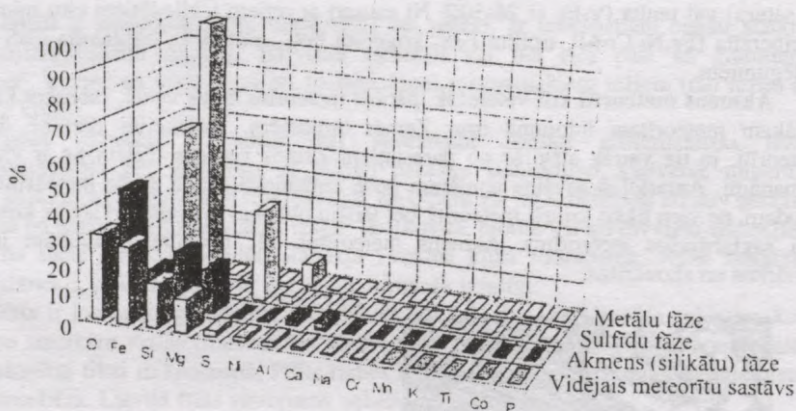
Hondrīti (ap 90% no akmens meteorītiem) vidēji sastāv no 46% - olivīna $(\text{Mg,Fe})_2[\text{SiO}_4]$, 21% - hiperstena $(\text{Mg,Fe})[\text{SiO}_3]$, 12% - dzelzs, 11% - plagioklaza $(\text{Na,Ca})[\text{Al}(\text{Al,Si})\text{Si}_2\text{O}_8]$, 4% - diopsīda $\text{Ca}(\text{Mg,Fe})[\text{Si}_2\text{O}_6]$. **Ahondrītos** vidēji ir 50% - hiperstena, 25% - plagioklaza, 12% - diopsīda, 9% - olivīna un 1% - niķeļdzelzs. Akmens hondrīti kosmoķīmijā izraisa vislielāko interesei, kā visprimitīvākais, vismazāk diferencētais meteorītu tips, kas galvenokārt sastāv no olivīna, rombiskā piroksēna (hiperstena), kamasīta, troilīta un plagioklaza (oligoklaza). Hondrītu meteorītu struktūrai raksturīga sīkgraudaina pamatmasa ar t.s. hondrām (no grieķu val.

grauds, putraims) – milimetra desmitdaļas vai dažus milimetrus lieliem, sfēriskiem graudiem, kas sastāv no radiāli staraini izvietotiem olivīna vai hiperstena kristāliem (sk. 32.att.).

Zemes objektos šāda veida kristalizācija nav novērota. Meteorītu speciālisti uzskata, ka hondrīti ir kristalizējušies no karstas vielas (1000 °C un vairāk), kas sākotnēji saturējusi lielus daudzumus gaistošu komponentu. Pēc tam šī viela samērā strauji atdzisusi, zaudējot gaistošos komponentus, kuru zudums savukārt izraisījis strauju kristalizāciju ar hondru veidošanos.

Dzelzs-akmens meteorīti sastāv apmēram no vienāda niķelzdzelzs un silikātu (galvenokārt olivīna un piroksēnu) daudzuma. Nedaudz sastopams arī troilīts.

Izplatītākie meteorītu ķīmiskie elementi ir **O, Fe, Si, Mg (> 10%)**, Ni, S, Ca, Al (1 – 10%). Dzelzs meteorītos dominē Fe, Ni, Co. Akmens meteorītos – O, Fe, Si, Mg, S, Ca, Ni, Al. Viens no galvenajiem visu tipu meteorītu elementiem ir dzelzs, kura sastopama kā metāliskā, tā arī sulfīdu un silikātu fāzēs (sk. 33.att.).



33.attēls. Meteorītu galveno fāžu ķīmiskais sastāvs, masas %.

Meteorītu mineraloģiskajam sastāvam raksturīgas daudzas specifiskas iezīmes. Tajos atrasti vairāk par 100 minerāliem, bet dominē tikai daži: kamasīts (α -Fe ar 6% Ni satura) un tenīts (γ -Fe ar 26-30% Ni satura), olivīns $(Mg,Fe)_2[SiO_4]$, piroksēni, plagioklazi, šreibzīts $(Fe,Ni,Co)_3P$, troilīts FeS un grafīts. Meteorītos atrasti vairāk nekā 20 uz Zemes nezināmi minerāli, pat veselas nezināmu minerālu klases – nitrīdi (TiN), fosfīdi $(Fe, Ni,Co)_3P$. Šādi minerāli veidojas tikai izteikti reducējošā vidē. Akmens meteorītu minerālais sastāvs ir tuvs Zemes ultrabāzisko iezu sastāvam.

Īpatnēji kosmogēni veidojumi ir **tektīti** (no grieķu val. izkūsis). Tie sastāv no obsidiānam līdzīga stiklveida materiāla. Parasti tie ir dažus desmitus gramu smagi, lai gan var sasniegt pat 10 kg smagumu. Sākotnēji tektītus uzskatīja par stiklainiem meteorītu paveidiem, bet pašlaik pašus tektītus vairs par “debesu sūtniem” neuzskata, lai gan to izcelsme tomēr ar meteorītiem ir saistīta, jo tie radušies, izkūstot Zemes iežiem meteorītu triecienā izdalītā siltuma iespaidā. Pētīto tektītu vecums ir bijis samērā neliels – 0,7-34 miljoni gadu.

Noteikts, ka vairumam meteorītu vecums ir 4,5-4,6 miljardi gadu, kas sakrīt ar Zemes vecumu.

1.7.5.2. Mēness mineraloģiskais sastāvs

Uz Zemes nogādāto Mēness iežu paraugu masa pārsniedz 400 kg. Mēness virsmas un iežu paraugu analīzes dati liecina, ka uz Mēness nav granīta slāņa, nav nogulumiežu, nav hidro- un atmosfēras. Pašu Mēness virsmu klāj irdena grunts – regolīts (no grieķu val. “regos” – pārklājs), kura sastāvā ir daudz stiklaina materiāla – meteorītu trieciena rezultāts. Mēness virsmas iežu sastāvs vistuvāk atbilst Zemes bazaltu sastāvam, kuru vidējais ķīmiskais sastāvs (masas %) ir:

SiO_2 – 46,4; Al_2O_3 – 14,4; MgO – 4,4; FeO – 12,1; CaO – 14,5; K_2O – 0,5; Na_2O – 0,6; TiO_2 – 7,6.

Analizēto Mēness iežu paraugos konstatēto minerālu skaits nav liels. Dominē piroksēni, bāziskie plagioklazi ar 75-95% anortīta, ilmenīts, olivīns, SiO_2 paveidi kristobalīts un tridimīts, kālija laukšpats, apatīts, biotīts, amfiboli, calcīts. Sastapti arī Zemei netipiski minerāli: ar mangānu bagāts piroksēns, špineļi ar hromu un titānu, trankvilīts $\text{Ti}[\text{ZrO}_4]$. Tādējādi, Mēness ieži, salīdzinot ar līdzīgiem Zemes iežiem, satur vairāk titānu, hromu, mangānu un cirkoniju. Mēness bazaltu vecums ir 3,8-4,5 miljardi gadu.

Pašlaik vislabāk ir pamatots uzskats par Mēness rašanos Zemes un kādas citas nelielas planētas sadursmes rezultātā, kas, iespējams, notikusi apm. 50 miljonus gadu pēc Saules sistēmas izveidošanās. Šāda sadursme ļoti būtiski varēja ietekmēt arī Zemes termisko režīmu un sekmēt vielas diferenciaciju tās dzīlēs.

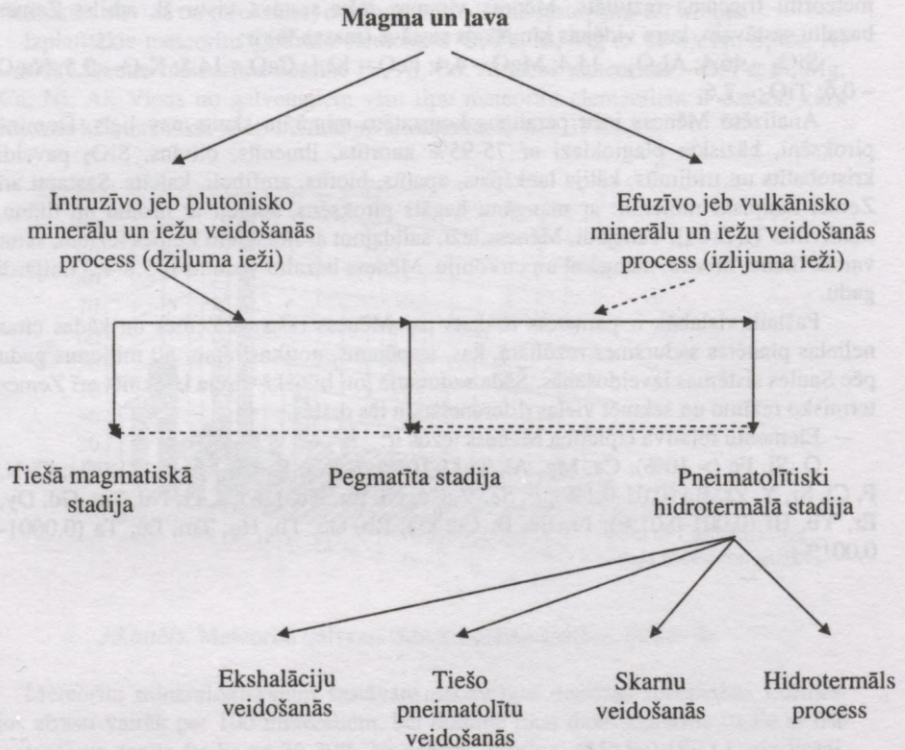
Elementu relatīvā izplatība Mēness iežos ir:

O, Si, Fe (> 10%); Ca, Mg, Al, Ti (1-10%); S, Na, K, Cr, Mn (0,1-1,0%); C, N, P, Cl, Sr, Y, Zr, Ba (0,01-0,1%); F, Se, V, Co, Ni, Zn, Nb, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Gd, Dy, Er, Yb, Hf (0,001-0,01%); Li, Be, B, Cu, Ga, Rb, Ge, Tb, Ho, Tm, Lu, Ta (0,0001-0,001%).

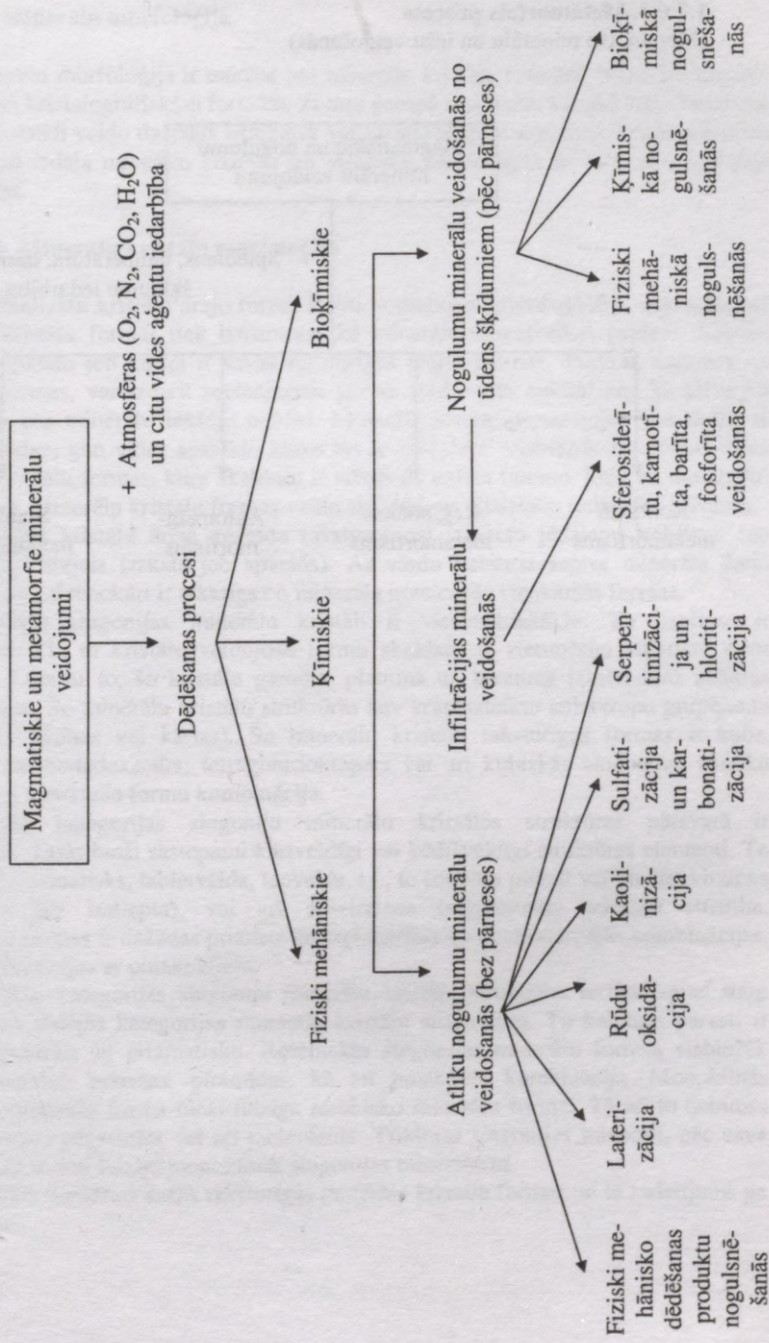
1.7.6. Minerālu veidošanās procesu kopsavilkuma shēmas

1.7.6.1. Endogēnais process

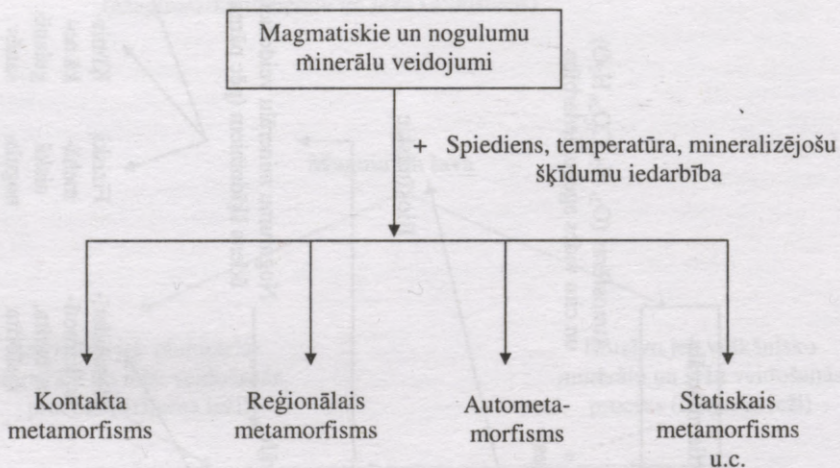
(Magmatisko minerālu un iežu veidošanās)



1.7.6.2. Eksogēnais process
(Nogulumu minerālu un iežu veidošanās)



1.7.6.3. Metamorfais process (Metamorfo minerālu un iežu veidošanās)



1.8. Minerālu morfoloģija

Minerālu morfoloģija ir mācība par minerālu kristālu formām. Minerālu kristāli, ar pareizām kristalogrāfiskām formām, Zemes garozā sastopami samērā reti. Visbiežāk minerālu kristāli veido dažādus agregātus vai savstarpējus saaugumus. Tāpēc minerālu morfoloģiju iedala minerālu kristālu jeb minerālu morfoloģijā un minerālu agregātu morfoloģijā.

1.8.1. Minerālu kristālu morfoloģija

Ar detalizētu kristālu ārējo formu izpēti nodarbojas kristalogrāfija. Minerāloģijā minerālu kristālu formas tiek izmantotas kā minerālu diagnostikas pazīme. Katram minerālu veidam jeb klasei ir savas raksturīgas ārējās formas. Turklāt, vadoties no minerāla formas, var izdarīt secinājumus par tā veidošanās apstākļiem, kā arī iegūt priekšstatu par minerālu iekšējo uzbūvi. Minerāla formā atspoguļojas gan daļēji tā iekšējā uzbūve, gan vides apstākļi, kuros tas ir veidojies. Visbiežāk izveidojas tādas minerālu kristālu formas, kuru skaldnēs ir blīvākais daļiņu (atomu, jonu un molekulu) izvietojums. Minerālu kristālu formas veido skaldnes ar vislielāko retikulāro blīvumu.








































Minerālu kristālu ārējā apveida raksturošanai izmanto jēdzienu **habitus** (no latīņu val. - ārējais izskats jeb apveids). Ar vārdu habituss saprot minerāla ārējo apveidu, kas galvenokārt ir atkarīgs no minerāla noteicošās vienkāršās formas.

Kubiskās singonijas minerālu kristāli ir vissimetriskākie. To habituss ir izometriskis, t.i., to kristālu veidojošo formu skaldnes ir vienmērīgi attīstītas visos virzienos. Līdz ar to, šo kristālu garuma, platuma un biezuma izmēri maz atšķiras viens no otra. Šo minerālu kristālu struktūrās nav krasi izteiktu anizotropu grupējumu (piemēram, ķēdītes vai kārtas). Šo minerālu kristālu raksturīgas formas ir kubs, oktaedrs, rombododekaedrs, tetragontrioktaedrs vai arī kubiskās singonijas vairāku izometrisko vienkāršo formu kombinācija.

Vidējās kategorijas singoniju minerālu kristālos struktūras pārsvarā ir anizotropas. Tajās bieži sastopami kārtveidīgi vai ķēdīšveidīgi struktūras elementi. To habituss ir prizmatisks, tabletveida, lapveida, t.i., to formām piemīt vai nu vienvirziena (pagarināta jeb izstiepta), vai arī divvirziena (saplacināta) telpiskā attīstība. Izplatītākās formas ir dažādas prizmas un dipiramīdas un to savstarpējās kombinācijas, kā arī kombinācijas ar pinakoīdiem.

Zemākās kategorijas singoniju minerālu kristālu struktūras ierindojamas starp kubiskās un vidējās kategorijas minerālu kristālu struktūrām. To habituss parasti ir starp izometrisko un prizmatisko. Rombiskās singonijas minerālu formas visbiežāk veido rombiskās prizmas, piramīdas, kā arī pinakoīda kombinācija. Monoklīnās singonijas minerālu forma bieži līdzīga rombisko minerālu formai, kā arī to habituss var būt izteikti pagarināts vai arī tabletveida. Triklīnās singonijas minerāli, pēc sava ārējā izskata, ir ļoti līdzīgi monoklīnās singonijas minerāliem.

34.attēlā parādītas dažas raksturīgās minerālu kristālu formas un to sadalījums pa singonijām.

Trikļņā singonija	 halkantīts $\text{Cu}[\text{SO}_4] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	 kianīts $\text{Al}_2\text{O}_3[\text{SiO}_4]$	 aksinīts $\text{Ca}_2\text{Fe}^{2+}\text{Al}_2(\text{BO}_3)(\text{OH})[\text{Si}_4\text{O}_{12}]$	 rodonīts $\text{CaMn}_4[\text{Si}_3\text{O}_{15}]$	 albīts $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$
Monokļņā singonija	 volframīts $(\text{Fe},\text{Mn})[\text{WO}_4]$	 ģipsis $\text{Ca}[\text{SO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	 sfēns $\text{CaTiO}[\text{SiO}_4]$	 augīts $\text{Ca}(\text{Mg},\text{Fe},\text{Ti},\text{Al})[(\text{Si},\text{Al})_2\text{O}_6]$	 ortoklazs $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$
Rombiskā singonija	 sērs S	 barīts $\text{Ba}[\text{SO}_4]$	 olivīns $(\text{Mg},\text{Fe})_2[\text{SiO}_4]$	 struvīts $\text{NH}_4\text{Mg}[\text{PO}_4] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	 kalamīns $\text{Zn}_4(\text{OH})_2[\text{Si}_2\text{O}_7] \cdot \text{H}_2\text{O}$
Tetragonālā singonija	 kasiterīts SnO_2	 cirkons $\text{Zr}[\text{SiO}_4]$	 vezuviāns $\text{Ca}_{10}\text{Al}_4(\text{Mg},\text{Fe})_2(\text{OH},\text{F})_4[\text{SiO}_4]_5[\text{Si}_2\text{O}_7]_2$	 šēlīts $\text{Ca}[\text{WO}_4]$	 vulfenīts $\text{Pb}[\text{MoO}_4]$
Trigonālā singonija	 dolomīts $\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$	 siderīts $\text{Fe}[\text{CO}_3]$	 kalcīts $\text{Ca}[\text{CO}_3]$	 korunds Al_2O_3	 kvarcs SiO_2
Heksagonālā singonija	 berils $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$	 pirotīns FeS	 apatīts $\text{Ca}_5(\text{F},\text{Cl},\text{OH})[\text{PO}_4]_3$	 cinkīts ZnO	 nefelīns $\text{Na}_3\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]_4$
Kubiskā singonija	 dimants C	 almandīns $\text{Fe}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$	 leicīts $\text{K}[\text{AlSi}_2\text{O}_6]$	 fluorīts CaF_2	
	 halīts Na[Cl]	 galenīts PbS	 pirīts FeS_2	 sfalerīts ZnS	 tetraedrīts $\text{Cu}_{12}[\text{Sb}_4\text{S}_{13}]$

34.attēls. Dažas raksturīgās minerālu kristālu formas un to sadalījums pa singonijām.

1.8.2. Minerālu agregāti

Šķidrai fāzei jeb šķidrūmam pārvēršoties cietā fāzē, visbiežāk izveidojas kristāliska graudaina masa, ko sauc par **minerālu agregātu**. Izšķir: monominerālus un poliminerālus agregātus. Monominerāli agregāti sastāv no viena veida jeb vienas klases minerāliem. Tā, piemēram, marmora vai dolomīta gabals attiecīgi sastāv no ļoti daudziem kalcīta CaCO_3 vai dolomīta $\text{MgCa}(\text{CO}_3)_2$ minerāla indivīdiem. Poliminerāls agregāts sastāv no divu vai vairāku klašu minerāliem. Tā, piemēram, granīta gabals sastāv no daudziem vairāku veidu minerāliem – mikrokļīna $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$, kvarca SiO_2 un biotīta $\text{K}(\text{Mg,Fe})_3(\text{OH,F})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$, no kuriem katrs pieder savai minerālu klasei. Monominerāla agregāta veidošanās shematiski parādīta 35.attēlā.



35.attēls. Monominerāla agregāta veidošanās shēma.

Pēc uzbūves un morfoloģiskām pazīmēm minerālu agregāti ir ļoti dažādi. Savdabīgākie no tiem ir ieguvuši speciālu nosaukumu. Visraksturīgākā minerālu agregātu pazīme ir to kristāliskuma pakāpe. No šī viedokļa, minerālu agregātus iedala divās grupās: 1) izteikti kristāliskos agregātos; 2) koloidālās un smalkdispersās masās.

1.8.3. Galvenie minerālu agregātu tipi

1. Graudainie agregāti sastāv no minerālu kristālu graudiem, dažos gadījumos pat kombinācijā ar skaidri saskatāmām minerālu kristālu formām. Zemes garozā šis agregātu tips ir visizplatītākais. Kā piemērus var minēt graudainos magmatiskos dziļumiežus, sulfīdus u.c. rūdu minerālus.

Atkarībā no minerālu graudu izmēriem izšķir:

- rupjgraudainus ($\text{Ø} > 5 \text{ mm}$),
- vidēji graudainus ($\text{Ø} 1 - 5 \text{ mm}$),
- smalkgraudainus ($\text{Ø} < 1 \text{ mm}$) minerālu agregātus.

Smalkgraudainos agregātos minerālu graudi daudzos gadījumos saskatāmi tikai lupā vai plānslīpējumos – mikroskopā. Agregātu veidojošo graudu forma kopumā nosaka agregāta morfoloģiju.

Izometrisku graudu gadījumā agregātu sauc par graudainu, plākšņainu – par lapveida vai zvīņainu, izaugušus vai attīstījušos vienā virzienā vai dažreiz radiāli (sk. 36.att.) – par nūjveida, adatveida, kūlīšveida vai arī šķiedrainiem agregātiem. Sastopami arī agregāti, kas izveidojušies no dažādu formu minerālu kristāliem. Tā,

piemēram, vizlas slānekļi ar izometriskiem granāta kristāliem, graudainas kvarca masas ar turmalīna kristāliem u.c. (sk. 37.att.). Pēc telpas aizpildījuma pakāpes izšķir:

- a) blīvus,
- b) irdenus jeb neblīvus graudainus agregātus.

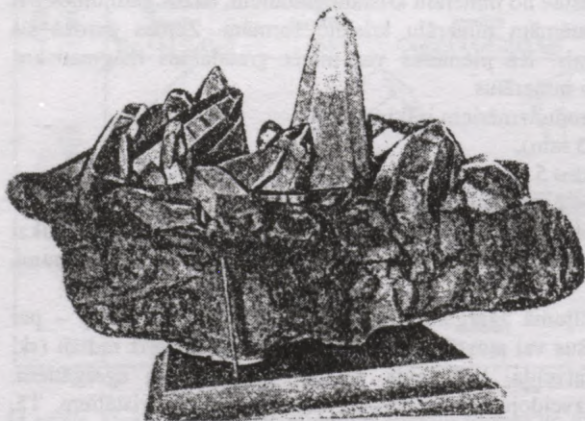


36.attēls. Pirofilīta radiāli staraini agregāti.



37.attēls. Kūlīšveida turmalīna agregāti sericīta-hlorīta slānekļī.

2. Par **drūzu** sauc minerālu apkopojumu, kas sastāv no kristalogrāfiskā ziņā ar lielākā vai mazākā mērā pareizu ģeometrisku formu izveidotiem minerālu kristāliem, kas uzauguši uz iežu tukšumu sienām, ar dažādu orientāciju vienam pret otru. Izplatītas ir minerālu kalcīta un kvarca (sk. 38.att.) drūzas.



38.attēls. Kvarca kristālu drūza.



Drūzu veidojošie kristāli rada ne tikai kristalogrāfisku interesi, bet no tiem var iegūt arī informāciju par to veidošanās secību.

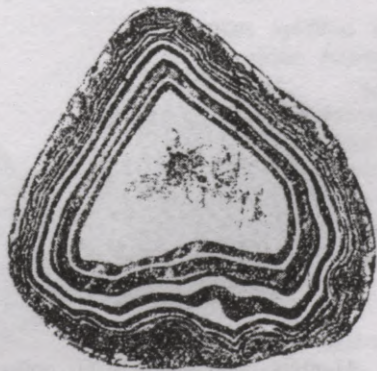
Agregātu, kas sastāv no minerālu indivīdiem, kas cieši piekļaujas viens otram paralēlā vienvirziena orientācijā, sauc par paralēlsaauguma minerālu drūzu (sk.39.att.).

39.attēls. Minerāla desmina $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_7\text{O}_{18}] \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ paralēlsaauguma drūza.

3. Par **sekrēcijām** sauc minerālu veidojumus iežu tukšumos, kas izveidojušies minerāliem nogulsņējoties koloidālā veidā vai izkristalizējoties uz tukšumu virsmas (sieniņām). Daudzām sekrēcijām ir raksturīga koncentriski kārtaina uzbūve, kas liecina, ka tās izveidojušās pakāpeniski. Turklāt, kārtas mēdz atšķirties viena no otras arī krāsas ziņā. Neliela izmēra tukšumi parasti ir pilnīgi aizpildīti ar minerālu veidojumiem. Sekrēcijas daļā dažreiz ir izveidojušies radiāli-šķiedraini minerālu agregāti, piemēram, ceolīti. Liela izmēra tukšumos parasti izveidojas sekrēcijas, kuru centrālā daļa ir tukša. Šādos gadījumos uz sekrēcijas tukšumu sieniņām izveidojušās drūzas vai notecējumu formas. Maza izmēra sekrēcijas (Ø līdz 10 mm), sauc par **mandelēm** (sk. 40.att.), liela izmēra – par **žēodām** (sk. 41.att.).



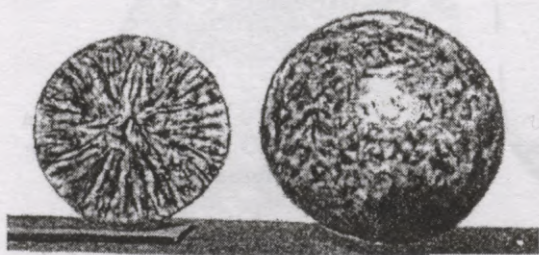
40.attēls. Filipīta $\text{KCa}[\text{Al}_3\text{Si}_5\text{O}_{16}] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ mandeles palagonīta tufā.



41.attēls. Ahāta žēoda. Žēodas centrālajā daļā ir tukšums, kurā izveidojusies kvarca kristālu drūza.

Žeodu veidā sastopams ahāts, halcedons, kalnu kristāls, ametists, brūnā dzelzs rūda u.c. minerālu veidojumi. Kalcīta žeodas ir bieži sastopamas Latvijas devona dolomītos.

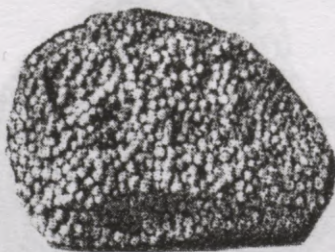
4. Par **konkrēcijām** sauc noapaļotas formas minerālu veidojumus ar radiāli starainu, dažreiz koncentriski čaulainu uzbūvi, kas radušies irdenos noguluma iežos, galvenokārt mālos, smiltīs un zemjainos iežu sadēdēšanas produktos. Konkrēciju šķērsriezuma izmēri var mainīties plašās robežās – no dažiem milimetriem līdz pat vairākiem metriem. Kristalizācija sākas parasti konkrēcijas vidū. Konkrēcijām savstarpēji saaugot, var izveidoties lielizmēra sarežģītas formas minerālu agregāti.



Konkrēcijas ir raksturīgas tādiem minerāliem veidojumiem kā fosforītam, pīrītam, markazītam un siderītam (sk. 42.att.).

42.attēls. Fosforīta konkrēcija. Pa kreisi parādīts šķērsriezums, kurā redzama konkrēcijas radiāli starainā uzbūve.

5. Par **oolītiem** sauc neliela izmēra sfēriskus minerālu veidojumus ar koncentriski čaulainu uzbūvi. Atsevišķo lodīšu šķērsriezuma izmēri parasti ir 0,1-1 mm. Oolīti parasti veidojas seklā ūdenī, rotējot viļņu vai straumju ietekmē tropu klimata apstākļos. Lodītes var būt savstarpēji sasaistītas vai nu ar to pašu saistvielu no kā tās veidotas, vai arī atrasties irdenā stāvoklī. Oolītu veidā bieži sastopami kalcīts un aragonīts (sk. 43.att.).



43.attēls. Aragonīta CaCO_3 oolīts jeb "zirņu" akmens.

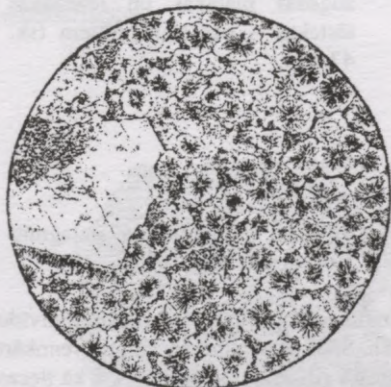


44.attēls. Lodīšu smilšakmens.

Arī Latvijā sastopami ieapaļas formas minerālie veidojumi. Tie ir lodīšu smilšakmeņi, kas visbiežāk veidojušies kalcija karbonātam vai arī limonītam

sacementējot devona sistēmas smilšu graudiņus (sk. 44.att.). To krāsa mēdz būt pelēka, balta, brūngana vai zilgana. Ap lodītēm un starp tām atrodas irdena vai tikai ar māla minerāliem sacementēta smilts, kuru vietām izskalojis ūdens. Atsevišķos gadījumos lodītes savstarpēji ir tā sacementētas, ka viss smilšakmens kļuvis blīvs. Orientējošais Latvijas lodīšu smilšakmens sastāvs ir: 60 % kvarca smilšu graudu un ap 40 % cementējošās vielas – kalcīta un limonīta.

6. **Sferolītiem**, atšķirībā no oolītiem, ir radiāli staraina uzbūve. Katra sferolīta stars ir vienvirziena kristāls. Visi šie kristāli ar vienu galu saplūst vienkopus sferolīta centrā. Sferolīta izskats (palielinātā veidā) parādīts 45.attēlā. Sferolītus parasti veido minerāls hidroboracīts $\text{CaMg}[\text{B}_6\text{O}_{11}]$.



45.attēls. Kālija laukšpata $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ sferolīti palielinātā veidā trahītā (iezī). Baltas krāsas kristāls pa kreisi ir kālija laukšpata fenokristāls.

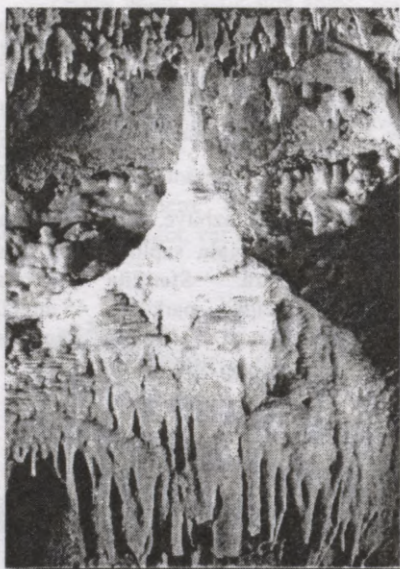
7. **Notecējuma formas** minerālie veidojumi rodas gadījumos, ja minerāli izgulsnējas no šķīdumiem, tiem plūstot pa iezī esošā tukšuma virsmu un vienlaicīgi iztvaikojot. Notecējumu formām ir gluda, bieži pat stiklaini spīdīga virsma.



Šīs formas veidotas no attiecīgās vielas čaulām. Šķērsgriezumā tām vērojama koncentriski zonāla uzbūve. Savukārt, čaulu paralēlā struktūra veidota no paralēlām vai radiālām šķiedrām, kas orientētas perpendikulāri čaulas virsmai.

46.attēls. Brūnās dzelzsrūdas notecējuma forma.

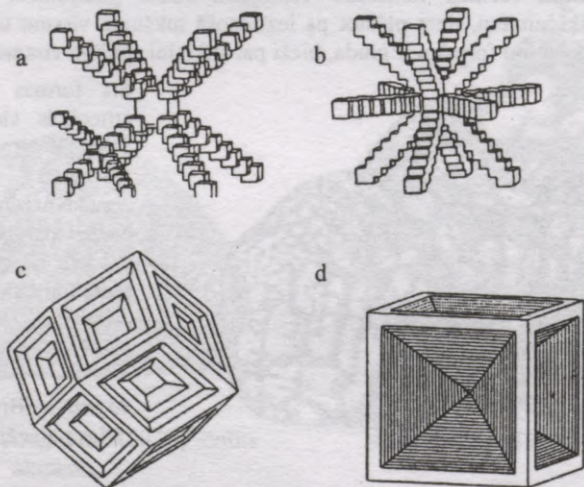
Starp notecējuma formas veidojumiem visbiežāk novēroti nierveida agregāti (sk. 46.att.), kas īpaši raksturīgi brūnai dzelzsrūdai, malahītam, smitsonītam u.c. minerāliem.



Diezgan bieži dabā notecējuma formas veidojas no koloīdiem – gēliem, kas ar laiku pārkristalizējas. Sevišķi raksturīgas šīs formas ir alās, kur koloīdālie šķīdumi lēni izgaro un pilienu veidā krīt no alas griestiem uz grīdas. Vertikāli nokarājušās lāstekas sauc par stalaktītiem, bet no apakšas augošās platākās un lēzenākās lāstekas – par stalagmītiem (sk. 47.att.).

47.attēls. Stalaktīti un stalagmīti Koņeprusas alās Čehijā.

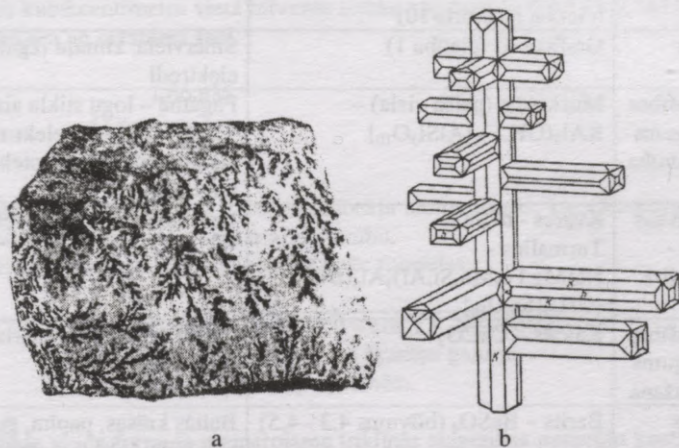
8. Skeletu formas izveidojas tādos gadījumos, ja ap minerāla kristāla individu atrodas vide, kurā pastāv dažādi augšanas apstākļi. Šādā vidē minerāls aug galvenokārt virsotņu un šķautņu virzienos, t.i., minerāla kristāla virsotnes un šķautnes it kā tiecas pēc augšanai nepieciešamās barojošās vielas (sk. 48.att.).



48.attēls. Skeleta formas: a – oktaedriskais vara skelets; b – rombododekaedriskais sudraba skelets; c – salmiaka NH_4Cl skelets; d – halīta NaCl skelets.

Skeleta minerālu kristāli ir monokristāli. Ja tos novietotu labvēlīgos apstākļos, tie iegūtu kristāliem raksturīgu daudzskaldņu formu.

9. **Uzsodrējumiem un dendrītiem** pieskaitāmi minerālu veidojumi, kas plānas kārtiņas veidā pārklāj citu minerālu vai iežu virsmu. Dendrītos minerālu kristālu sakārtojums atgādina koka zarojumu. Šādus agregātus veido vairāki minerāli, piemēram, dzelzs un mangāna hidroksīdi kaļķakmens un dolomīta plaisās, tūrradņi metāli (varš, sudrabs, zelts u.c.). Dendrīti ir minerālu agregāti, kas sastāv no minerālu kristālu indivīdiem, kas izveidojuši zarveidīgus dvīņu vai paralēlus saaugumus (sk. 49.att.). Atšķirībā no skeleta formām, dendrīti ir polikristāliski agregāti, kas neveido monokristālus.



49.attēls. Dendrīti: a - mangāna oksīda; b - tūrradņu vara.

1.9. Minerālu fizikālās īpašības

Minerālu fizikālās īpašības iedalāmas divās grupās: skalārās un vektoriālās. Pie skalārām īpašībām pieskaitāmas tādas īpašības, kuras nemainās atkarībā no mērīšanas jeb noteikšanas virziena. Minerālos pie tādām pieskaitāma viena īpašība – blīvums jeb īpatnējā masa (īpatnējais svars). Visas pārējās minerālu īpašības ir vektoriālas, tās mainās atkarībā no noteikšanas virziena. Vektoriālās īpašības var iedalīt vairākās grupās:

1. Mehāniskās – skaldnība, translācijas īpašības, cietība, stūgrība (elastība).
2. Siltuma – siltumvadāmība, termiskā izplešanās.
3. Optiskās.
4. Magnētiskās.
5. Elektriskās.

Minerālus ar noteiktu īpašību kopumu izmanto dažādās nozarēs (sk. 7.tab.).

Minerālu daži izmantošanas veidi atkarībā no to fizikālām īpašībām

Īpašība	Minerālu nosaukums un sastāvs (formula)	Izmantošanas veids
Cietība	Dimants – C Korunds – α -Al ₂ O ₃ Špineļi – RO·R ₂ O ₃ Granāti – R ₃ ²⁺ R ₂ ³⁺ [SiO ₄] Karbonds – SiC (cietība no 7 līdz 10)	Abrazīvie materiāli
Cietība	Grafīts – C (cietība 1)	Smērviela, zīmuļu izgatavošana, elektrodi
Optiskās īpašības – caurspīdīgums un laba skaldnība	Muskovīts (gaišā vizla) – KAl ₂ (OH,F) ₂ [AlSi ₃ O ₁₀]	Pagātnē – logu stikla aizvietotājs Tagad – ļoti labs elektroizolācijas materiāls, elektrotehnikā un radiotehnikā
Pjezoelektriskas īpašības – pjezoelektrība	Kvarcs – α -SiO ₂ Turmalīns – Na(Mg,Fe,Mn,Si,Al) ₃ Al ₆ (BO ₃) ₃ (OH) ₄ [Si ₆ O ₁₈]	Radiotehnikā un radioelektronikā
Optiskās īpašības – caurspīdīgums un dubultlaušana	Kalcīts – CaCO ₃	Optiskās ierīces (polarizācijas mikroskops)
Blīvums	Barīts – BaSO ₄ (blīvums 4,3 - 4,5)	Baltas krāsas, papīra, gumijas ražošanā, urbšanas darbos
Blīvums	Zelts – Au (blīvums 15 - 19) Platīns – Pt (blīvums 15 - 19)	Atvieglo to iegūšanu, resp., to atdalīšanu no citiem iežiem ar bagātināšanas metodi

1.9.1. Blīvums jeb īpatnējā masa

Blīvums ir viena no galvenām minerāla īpašībām, kas atspoguļo tā ķīmisko sastāvu, kā arī ķīmiskā sastāva izmaiņu izomorfos maisījumos. Blīvumu izmanto, lai noteiktu minerāla struktūras elementārās šūnas tilpumu un formulas vienību skaitu elementārajā šūnā.

Blīvums jeb īpatnējā masa (īpatnējais svars) ir ķermeņa masas (svara) attiecība pret tilpumu, t.i., minerāla masas (svara) attiecība gramos pret vienāda tilpuma ūdens masas (svara) attiecību.

Ja minerāla masu gaisā apzīmē ar p , ūdenī – ar p_1 , tad blīvumu aprēķina pēc formulas:

$$D = \frac{p}{p - p_1}$$

Minerāla blīvumu nosaka ar piknometrijas, vai arī ar hidrostatiskās svēršanas metodi. Blīvumu var aprēķināt arī pēc formulas, kas saista minerāla blīvumu D ar tā molekulas masu M , elementāršūnas tilpumu V un formulas vienību (molekulu) skaitu n tajā

$$D = \frac{nM}{NV},$$

kur N – Avogadro skaitlis ($6,02 \cdot 10^{23}$).

Ja kubikcentimetru vietā blīvumu izsaka angstrēmos kubā (Å^3), tad formula kļūst vienkāršāka un rakstāma šādi:

$$D = \frac{1,66 nM}{V}$$

Šajā gadījumā 1,66 ir 1/16 no skābekļa atoma masas, kas elementu periodiskajā sistēmā ir pieņemta par atomu masas vienību.

Elementāršūnas tilpumu aprēķina pēc formulas:

$$V = abc \sqrt{1 - \cos^2\alpha - \cos^2\beta - \cos^2\gamma + 2\cos\alpha \cdot \cos\beta \cdot \cos\gamma},$$

kur a, b, c – elementāršūnas šķautņu garumi;
 α, β, γ – leņķi starp šķautnēm.

Šāda veida formula piemērojama triklīnās singonijas minerālu kristāliem. Pārējo singoniju minerālu kristāliem var piemērot šādas formulas:

monoklīniem $V = abc \sin\beta$

rombiskiem $V = abc$

tetragonāliem $V = a^2c$

kubiskiem $V = a^3$

heksagonāliem un trigonāliem

$$V = a^2c \sin 120^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} a^2c$$

trigonāliem ar romboedra elementāršūnu

$$V = a^3 \sqrt{1 - 3 \cos^2\alpha + 2 \cos^3\alpha}$$

Blīvums jeb īpatnējā masa ir atkarīga no to elementu atomu masas, no kuriem veidots minerāla kristāls, to jonu rādiusiem jonu kristālos, jonu vērtībām (valencēm), kristāliskās struktūras tipa un sablīvējuma koeficienta. Sablīvējuma koeficients ir elementāršūnā atrodošos jonu tilpuma un pašas elementāršūnas tilpuma procentuālā attiecība. Piemēram, ja NaCl struktūra kristālā, kuras elementāršūnas šķautne a ir

5,628 Å, formulas vienību skaits ir 4 un nātrija un hlora rādiusi attiecīgi ir 0,98 un 1,81 Å, tad tā sablīvējuma koeficients aprēķināms šādi:

$$\frac{\text{Jonu tilpums (115,04)}}{\text{Elementāršūnas tilp. (178,45)}} \cdot 100 = 64 \%$$

Lielākajai daļai minerālu īpatnējā masa ir no 2 līdz 4. Pēc īpatnējās masas lieluma minerālus var iedalīt:

- 1) vieglajos (īpatnējā masa no 1 – 2);
- 2) vidēji smagajos (īpatnējā masa no 2 – 4);
- 3) smagajos (īpatnējā masa no 4-6);
- 4) ļoti smagajos minerālos (īpatnējā masa virs 6).

1.9.2. Cietība

Ar cietību saprot materiālu spēju pretoties mehāniskai iedarbībai. Mineraloģijā cietības noteikšanai izmanto Moosa (Mohs) skalu [austriešu mineralogs Fridrich Mohs (1773-1839)], kas sastāv no 10 minerāliem. Par etaloniem tiek izmantoti šādi minerāli:

Minerāli	Cietība
Talks $Mg_3(OH)_2[Si_4O_{10}]$	1
Ģipsis $CaSO_4 \cdot 2H_2O$	2
Kalcīts $CaCO_3$	3
Fluorīts (kušņa špats) CaF_2	4
Apatīts $Ca_5F(PO_4)_3$	5
Laukšpats (ortoklazs) $K[AlSi_3O_8]$	6
Kvarcs SiO_2	7
Topāzs $Al_2(F,OH)_2[SiO_4]$	8
Korunds Al_2O_3	9
Dimants C	10

Cietākie ieskrāpē zemākas cietības pētāmo objektu.

Minerāla cietību var noteikt arī etalona minerālus sekmīgi aizstājot ar šādiem priekšmetiem:

Mīksts zīmulis – cietība 1.

Mīksta alumīnija stieples adata – cietība 2.

Minerālus, kuru cietība ir mazāka par 2, var ieskrāpēt ar nagu.

Vara monēta – cietība 3.

Mīksta dzelzs stieple vai adata – cietība 4.

Logu stikls – cietība 5.

Tērauda naža asmens – cietība 6.

Vīle – cietība 7. Laba vīle skrāpē pat kvarcu.

Pēc Moosa skalas noteiktie rezultāti ir ļoti aptuveni. Izmantojot šo skalu, var konstatēt kristālu cietības anizotropiju. Piemēram, distēna kristālam cietība vertikālā virzienā ir 4,5 (apatīts - ieskrāpē, fluorīts - neskrāpē, to var griezt ar nazi), bet horizontālā - 7 (topazs - skrāpē, laukšpats - neskrāpē, to nevar sagriezt ar nazi). Tāpat ir ar kvarcu.

Bez Moosa metodes pazīstamas vēl daudzas citas metodes cietības noteikšanai, piemēram, cietas asšķautņainas piramīdas vai citas formas galviņas iespējama kristālā (materiālā), tādas kā Brineļa, Knopa, Rokvela un Vikersa metodes, kā arī slīpēšanas metode pēc svara zudumiem. Cietības mērīšanas aparātus sauc par sklerometriem. Ja, piemēram, cietības noteikšanai pētāmajā objektā tiek iespiesta dimanta piramīda, tad cietību izsaka pēc šādas formulas:

$$H = 2 \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \frac{P}{d^2},$$

kur H - mikrociētība;

α - leņķis starp dimanta piramīdas skaldnēm (parasti 136°);

P - svars (noslodze), kg;

d - iespaiduma diagonāle, mm.

Cietības dimensija ir kg/mm^2 . Moosa skalas minerāliem cietība, kas noteikta ar cietības mērīšanas aparātu, ir šāda:

Talks	2,4
Ģipsis	36
Kalcīts	109
Fluorīts	189
Apatīts	536
Ortoklazs	795
Kvarcs	1120
Topazs	1427
Korunds	2060
Dimants	10060

Pierādīta ir minerālu kristāla cietības sakarība ar tā struktūru. Plāksnes ar lielāku daļiņu skaitu jeb retikulāro blīvumu uzrāda lielāku cietību.

Pastāv sekojošas likumsakarības, kas saista cietību un kristālu (minerālu) ķīmisko sastāvu:

1. Minerālu kristāli, ko veido smagie metāli, piemēram, zelts, sudrabs, varš, dzīvsudrabs, svins ir ar zemu cietību, retos gadījumos tā pārsniedz 3. Izņēmums ir platīns ($H = 4-4,5$) un dzelzs ($H = 4,5$).
2. Lielākai daļai sulfīdu un sulfosāļu arī ir relatīvi zema cietība ($H < 5$). Izņēmums ir dzelzs, niķeļa un kobalta sulfīdi.
3. H_2O saturošiem minerāliem arī cietība ir relatīvi zema ($H < 5$).
4. Lielākai daļai oksīdu un silikātu raksturīga augsta cietība ($H > 5,5$). Izņēmums ir smago metālu oksīdi un silikāti.
5. Halogēnīdu, karbonātu, sulfātu un fosfātu cietība ir samērā zema ($H < 5,5$).

Sakarība starp cietību un struktūru:

1. Jo mazāki atomu vai jonu rādiusi, jo cietība ir lielāka.
2. Cietība palielinās, palielinoties minerālu kristālu veidojošo katjonu valencei jeb lādiņam.
3. Cietība pieaug, palielinoties daļiņu sakārtojuma blīvumam.

1.9.3. Skaldnība

Skaldnība ir minerālu kristālu spēja skaldīties (dalīties) pa noteiktām plāksnēm, veidojot gludas, spīdošas virsmas – skaldnības plaknes. Šīs plaknes vislabāk novērojamas atstarotā gaismā. Šo plakņu virziens ir paralēls kādai no minerāla kristālam raksturīgām kristalogrāfiskām plaknēm.

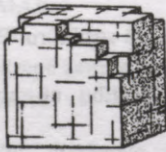
Izšķir šādas skaldnības pakāpes:

1. Ļoti laba skaldnība - viegli sadalās pa plānām plāksnītēm (vizla un ģipsis).
Vizlai un ģipsim piemīt ļoti laba skaldnība tikai vienā plaknē, citās plaknēs skaldnība ir ļoti slikta, vai tās vispār nav (sk. 50.att.).

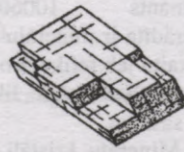


50.attēls. Vizlas (muskovīta) skaldnība.

2. Laba skaldnība – lauskas atgādina minerāla kristāla formu, grūti iegūt citas plaknes (kalcīts, laukšpats, vārāmā sāls un galenīts) (sk. 51.att.).



a



b

51.attēls. Skaldnība: a – galenīta; b - kalcīta.

3. Vidēja – veidojas gludas un negludas virsmas (fluorīts).
4. Vāja – veidojas galvenokārt negludas virsmas (apatīts, olivīns un sērs).
5. Ļoti vāja, praktiski nav – veidojas tikai negludas virsmas (kvarcs).

Interesantas ir dažas likumsakarības, kas saista skaldnību ar minerāla struktūru. Skaldnība minerālos ar metālisko saiti, ja arī ir novērojama, tad tā ir vāja. Minerālos ar kovalento saiti skaldnība var būt un var arī nebūt. Lielākai daļai minerālu, kuros eksistē jonu saite, piemīt laba skaldnība vienā vai vairākās plaknēs. Silikātos ar izolētām tetraedru grupām ir novērojama skaldnība vienā plaknē. Silikātos ar ķēdīšu vai kārtainā tipa struktūru, skaldnība notiek pa plaknēm starp ķēdītēm vai kārtām, nekad tās nešķērsojot. Amorfiem minerāliem skaldnības nav, jo tajos nav izveidojies kristāliskais režģis.

1.9.4. Lūzums

Minerālu skaldot, iegūst vai nu gludas skaldnības plāksnes, vai arī nelīdzenu lūzuma virsmu. Jo pilnīgāka ir minerāla skaldnība, jo grūtāk novērot tā lūzumu. Minerāliem ar vāju skaldnību, tos sadauzot, rodas visvairāk lūzuma virsmas, bet skaldnības plāksnes vai nu ir reti, vai arī nav nemaz. Daudzu minerālu lūzuma virsmas atgādina gliemežnīcas iekšējo virsmu, tāpēc šādu lūzumu sauc par gliemežveida lūzumu (kvarcs, opāls, halcedons u.c.).

1.9.5. Izturība

Izturība jeb spēja pretoties sagraušanai raksturo materiāla pretošanās spēju mehāniskai deformācijai. Tā ir pretestība materiāla saišu saraušanai starp atomiem vai joniem pie lieces, spiedes, smalcināšanas un zāģēšanas. Izturību raksturo tādas minerāla kristāla īpašības kā cietība, skaldnība, elastība, plasticitāte, trauslums, kaļamība, lokaņība un viskozitāte. Šīs minētās īpašības plaši izmanto dabas veidoto kristālu – minerālu raksturošanai.

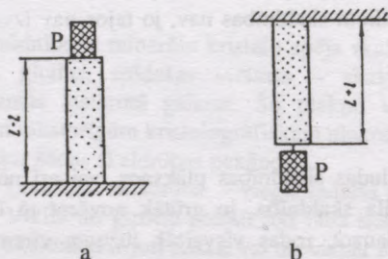
Galvenās minerāla izturību raksturojošās likumsakarības noreducējas uz sekojošo:

1. Visas matemātiskās sakarības, kas raksturo materiāla pretestības spēju, piemēram, Huka likums, Puasona vienādojums, Janga modulis, izriet no saišu stiprības starp daļiņām minerāla kristāla struktūrā un virsmas enerģijas, piemēram, elastība.
2. Cieta ķermeņa spēju pēc deformācijas atgriezties savā sākotnējā formā (stāvoklī) sauc par elastību. Ja prizmatiskas formas materiāla stieni, kura garums ir L un šķērsriezuma laukums ir q , novieto uz cietas pamatnes un iedarbojas uz to ar smagumu P , tad šis stienis saīsinās par lielumu l (sk. 52.att. a). Rezultātā stieņa garums līdzinās $L - l$.

Piestiprinot stieņa augšējo galu pie cieta materiāla un ja apakšējam galam piestiprina to pašu smagumu P , stienis pagarinās par to pašu lielumu l . Stieņa garums līdzinās $L + l$ (52.att. b). Novērojumi parādījuši, ka lielumu l abos gadījumos var aprēķināt pēc formulas, kas nosaukta par Huka likumu:

$$l = \frac{PL}{q} E,$$

kur E – izstiepšanas jeb saspiešanas koeficients.



52.attēls. Stieņa: a - spiešana un b - stiepšana iedarbojoties ar smagumu P .

Ja $P = 1$, $L = 1$ un $q = 1$, tad arī $E = 1$. l ir proporcionāls lielumam E . E nav atkarīgs no stieņa izmēriem. Vienai un tai pašai vielai E ir konstants lielums. Viendabīgām amorfām vielām E nav atkarīgs arī no noteikšanas virziena. Minerālu kristālos, saskaņā ar to anizotropiju, E lielums mainās atkarībā no mērīšanas virziena, tai skaitā minerālu kristālos ar kubiskās singonijas simetriju. Materiāla elastība atkarīga no ķīmiskās saites rakstura. Jonu saites gadījumā elastība ir visaugstākā, tad seko kovalentā saite. Metāliskās saites gadījumā elastība ir zema, molekulārās saites gadījumā – ļoti zema.

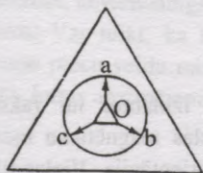
3. Plasticitāti nosaka kristāliskā režģa plakņu mikropārbīdes vienai attiecībā pret otru. Plasticitāte, kā arī citas īpašības, kas raksturo minerāla kristālu izturību ļoti ietekmē minerālu kristālu defekti, kurus var klasificēt šādi:
 - a) punktteida defekti (atomi starp minerāla kristāla režģa mezglu punktiem, tukšie mezglu punkti, krāsu centri),
 - b) lineārie defekti (dislokācijas),
 - c) virsmas defekti (graudu robežas, dvīņi, bīdes),
 - d) tilpuma defekti (tukšumi, citu vielu ieslēgumi).
4. Minerālu kristālos ar vienādu struktūru un vienādu saišu tipu bīdes modulis ir atkarīgs no starpatomu attālumiem – jo lielāki šie attālumi, jo modulis ir mazāks. Savukārt ar noteiktu starpatomu attālumu vislielākais bīdes modulis ir minerālu kristāliem ar kovalento saiti, vismazākais – minerālu kristāliem ar jonu saiti. Minerālu kristāli ar metālisko saiti ieņem starpstāvokli.
5. Kaļamība piemīt tikai minerāliem ar metālisko saiti, resp., metāliem.
6. Trauslums ir atkarīgs no mikroplaisu klātbūtnes kristālā, t.i., no minerāla kristāla jeb vides viendabīguma izjaukšanas jeb pārtraukuma, pieaugot defektu koncentrācijai kristālā.
7. Minerāla viskozitāte, ko var uzskatīt par tā spēju absorbēt enerģiju līdz sabrukšanai, parasti ir lielāka polikristāliskiem agregātiem (materiāliem) nekā atsevišķiem minerāla graudiem. Piemēram, polikristālisku materiālu -

karbonādo, kas ir sīku dimanta kristāliņu saaugums, ir daudz grūtāk saskaldīt nekā dimantu.

- Izturība nav tieši saistīta ar cietību. Piemēram, dimantam, kura cietība ir 10, piemīt mazāka spēja pretoties sagraušanai skaldnības dēļ nekā žadeītam ($\text{NaAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$), kurš parasti veido polikristālisku saaugumu masu.

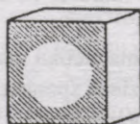
1.9.6. Siltumvadāmība

Ja minerāla kristāla skaldnes pārklāj ar plānu vaska kārtiņu un šai kārtiņai pieskaras ar sakarsētas adatas galu, tad var novērot kušanas figūras, kuras ir apli vai elipses (sk. 53.att.).



53.attēls. Vaska kušanas figūra uz skaldnes, kas ir perpendikulāra trešās pakāpes simetrijas asij.

Tas pats attiecas arī uz skaldnēm, kuras ir perpendikulāras L_4 un L_6 . Uz visām pārējām skaldnēm izveidojas elipses. Izņēmums ir kubiskās singonijas kristāli. Šajā gadījumā uz visām skaldnēm izveidojas apli (sk. 54.att. a).



a



b



c

54.attēls. Vaska kušanas figūras: a - uz kuba skaldnēm; b - uz heksagonālās singonijas kristāla pinakoīda; c - uz prizmas skaldnēm.

Vispārinot jautājumu par siltumvadāmību minerālu kristālos, var teikt, ka augstākās kategorijas, resp., kubiskās singonijas minerālu kristāliem siltumvadāmības aprakstīšanai izmantojama lodes virsma, t.i., siltuma izplatīšanās ātrums visos virzienos ir vienāds, vidējās kategorijas minerālu kristāliem – rotācijas elipsoīds, bet zemākās – trīssasu elipsoīds.

1.9.7. Daži jēdzieni no mācības par magnētismu

Magnētiķis ir viela, kura stājas mijiedarbībā ar magnētisko lauku. Magnētiķa konkrētās īpašības atkarīgas no vielas atomu un molekulu magnētiskajām īpašībām, kā arī to mijiedarbības. Atkarībā no tā, magnētiķus iedala: feromagnētiķos, paramagnētiķos, diamagnētiķos utt.

Magnētiskā caurlaidība (permeabilitāte) ir fizikāls lielums, kas raksturo vielas magnētiskās īpašības. Skaitliski magnētiskā caurlaidība μ ir vienāda ar vielas

magnētiskās indukcijas un ārējā magnētiskā lauka intensitātes attiecību. Magnētiskā caurlaidība μ ir saistīta ar vielas magnētisko uzņēmību χ (kapa) (susceptibilitāti):

$$\mu = 1 + 4 \pi \chi$$

Vakuumā $\chi = 0$ un $\mu = 1$.

Magnētiskā uzņēmība (susceptibilitāte) ir fizikāls lielums, kas raksturo vielas spēju magnetizēties ārējā magnētiskā lauka ietekmē. Magnētiskā uzņēmība atkarīga no dotās vielas magnētiskajām īpašībām. Tā var būt kā pozitīvs (paramagnētiķiem, feromagnētiķiem), tā arī negatīvs (diamagnētiķiem) lielums. Magnētiskā uzņēmība saistīta ar vielas magnētisko caurlaidību μ (permeabilitāti):

$$\mu = 1 + 4 \pi \chi$$

Magnētiskais moments ir fizikāls lielums, kuru izmanto, lai raksturotu magnētisku vielu – magnētiķu magnetizācijas pakāpi. Vielas magnētisko momentu rada tās atsevišķo atomu, molekulu magnētisko momentu orientācija. Vielas tilpuma vienības magnētisko momentu sauc par magnetizāciju. Magnētiskais moments nosaka intensitāti magnētiskajam laukam, kas aptver magnētiķi, kā arī spēku, ar kādu ārējais magnētiskais lauks iedarbojas uz magnētiķi.

Diamagnētiķis ir viela, kurai ir negatīva magnētiskā uzņēmība (susceptibilitāte). Raksturīga diamagnētiķa īpašība ir tā, ka magnēts to nevis pievelk, bet gan atgrūž. Visspilgtākais diamagnētiķis ir bismuts. Diamagnētiķi ir arī zelts, dzīvsudrabs, P, S, Zn, Ag, Cu, Na u.c. Diamagnētiķi ir gandrīz visi organiskie savienojumi.

Domēni ir nelieli mikroskopiski apgabali, kuri izveidojas feromagnētiķu vai segnetoelektriķu kristālos. Atsevišķiem domēniem ir vai nu noteikta virziena spontāna magnetizācija (feromagnētiķos), vai arī spontāna polarizācija (segnetoelektriķos). Kristāla sadalīšanās domēnos notiek tikai temperatūrā, kas zemāka par Kirī punktu. Ārējā elektriskā vai magnētiskā laukā domēni strauji orientējas lauka virzienā.

Feromagnētiķi ir cietas kristāliskas vielas, kam piemīt augsta magnētiskā uzņēmība. Feromagnētiķi magnetizējas samērā vājā magnētiskā laukā. Svarīgākie feromagnētiskie materiāli ir dzelzs, kobalts, niķelis, dažādi sakausējumi, kā arī ferīti. Ja feromagnētiķus karsē, tie zaudē savas feromagnētiskās īpašības un notiek vielas pāreja no feromagnētiskā stāvokļa paramagnētiskajā. Feromagnētiķus ļoti plaši izmanto tehnikā (piem., transformatoru serdēs, elektromagnētos u.c.). Feromagnētisms ir magnētisku īpašību kopa feromagnētiķiem. Feromagnētismu rada atomu magnētisko momentu īpaša orientācija un to apvienošanās domēnos.

Paramagnētiķi ir vielas ar vāji izteiktām magnētiskām īpašībām un pozitīvu magnētisko uzņēmību. Par paramagnētiķiem sauc vielas, kurām piemīt paramagnētisms.

1.9.7.1. Minerālu magnētiskās īpašības

Ir tikai nedaudz minerālu kristālu, kurus pievelk parastais plakanais vai pakavveida magnēts. No tiem visizplatītākie ir magnetīts Fe_3O_4 , pirotīns Fe_{1-x}S un maghemīts, kas ir Fe_2O_3 polimorfā modifikācija. Magnetīts un maghemīts paši par sevi var būt dabiskie magnēti, jo ir spējīgi pievilkt dzelzs skaidas.

Brīvā stāvoklī šie minerālu kristāli ar attiecīgajām asīm noorientējas virzienā "ziemeļi – dienvidi". Tos bieži nosauc par magnētiskām dzelzīm un agrāk tos izmantoja kā kompasus.

Istenībā neviendabīgs magnētiskais lauks iedarbojas gandrīz uz visiem minerālu kristāliem. Var teikt, ka tie tādā vai citādā pakāpē reaģē uz magnētisko lauku. Ir pazīstamas piecu veidu minerālu kristālu un magnētiskā lauka savstarpējās iedarbības reakcijas, kuras apzīmējamas par

Diamagnētismu.

Paramagnētismu.

Feromagnētismu.

Ferimagnētismu.

Antiferomagnētismu.

Minerālu kristālu magnētisma teorija vēl pilnībā nav izstrādāta. Tomēr daži aspekti šajā teorijā ir iezīmēti:

1. Atsevišķi atomi ir magnēti. Magnētisms piemīt gan kodola protoniem, gan elektroniem, kas riņķo ap kodolu. Kopējais atoma magnētisms ir atkarīgs no daļiņu spēku summas.
2. Iekšējais kodola magnētisms ir stipri mazāks par magnētismu, ko rada elektroni, kas riņķo ap kodolu.
3. Ja atoma elektronu skaitu var izteikt ar pāra skaitli, tad notiek elektronu sapārošanās ar pretējiem spiniem un magnētisms izzūd. Atomi ar nepāra skaita elektroniem ir ārkārtīgi mazi magnētiņi.
4. Para- vai feromagnētismu (arī ferimagnētismu) izsauc šādi joni: Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Mn^{3+} , Mn^{4+} , Cr^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , V^{3+} , U^{4+} , Er^{3+} , Gd^{3+} , Nd^{3+} un Ce^{4+} . Sevišķi aktīvi šajā ziņā ir pirmie desmit joni, kuriem nav sapārotu elektronu iekšējās elektronu kārtās.
5. Diamagnētisms praktiski novērojams sapārotu elektronu gadījumā.
6. Paramagnētisma cēlonis ir dažu magnētu atomu reorientācija vai veselu magnētu domēnu reorientācija. Tādējādi magnētiskie momenti kļūst paralēli vai tuvu paralēlam stāvoklim un, līdz ar to, rodas lielāki domēni ar ievērojami lielāku magnētisko momentu.
7. Feromagnētiķos magnētu elementi ir paralēli. Šo paralelitāti var izjaukt, ja feromagnētiskā materiāla temperatūru paceļ augstāk par Kirī punktu. Magnetītam tā ir 585°C , tīrradņu dzelzij – 770°C . Kirī punkts ir temperatūra,

virs kuras siltuma svārstības spontāni izjauc struktūras magnētisko orientāciju, jeb tā ir temperatūra, kurā minerāla kristāls pārstāj būt feromagnētiķis un kļūst par parasto paramagnētiķi.

8. Antiferomagnētisma cēlonis ir feromagnētisko domēnu asociācija tā, ka neitralizējas to magnētiskie momenti.
9. Ferimagnētisms ir fero- un antiferomagnētisma apvienojums, kā rezultātā izveidojas pārpaliekošais magnēta efekts. Piemēram, ferimagnētisks ir magnetīts, kurā Fe^{3+} sapārojušies (asociējušies) tā, ka šo jonu magnētiskais moments ir izzudis. Turpretim, Fe^{2+} nav asociējušies un šie joni arī nosaka šo minerālu stipro magnētismu.
10. Lielākai daļai jonu un kovalento kristālisko savienojumu piemīt dia- un paramagnētisms. Tīrradņu metāli, kuriem ir elektronu kārtas ar delokalizētiem elektroniem, var būt feromagnētiķi (piem., dzelzs) vai paramagnētiķi (varš). Lielākā daļa dzelzs saturošo minerālu ir vai nu paramagnētiķi, vai arī feromagnētiķi. Paramagnētiķi var būt arī daži minerāli, kas satur dzelzi (berils).

1.9.7.2. Magnētisko īpašību izpausmes shematiskais skaidrojums saistībā ar minerālu kristālu struktūru

Minerālu kristālu magnētiskās īpašības atkarīgas ne tikai no minerālu kristālu struktūras, bet arī no to veidojošo atomu stāvokļa un izturēšanās (reakcijas jeb darbības). Galvenā loma šeit ir elektronu kustībai un to magnētiskiem momentiem.

Atomi var būt magnētiski un nemagnētiski. Atomi, kuros ir sapāroti elektroni (resp., gadījumā, kad magnētiskie momenti ir savstarpēji kompensēti), ir nemagnētiski un tiem nepiemīt magnētiskās īpašības. Šajā gadījumā atsevišķo elektronu spini ir savstarpēji piesātināti, ko grafiski attēlo ar divām antiparalēlām bultām:



Atomi ar nesapārotiem elektroniem ir magnētiski un tiem piemīt savs noteikts magnētiskais moments



Vispārīgi atoma magnētisms ir proporcionāls nesapāroto elektronu skaitam. Minerālu kristālu magnētisko īpašību raksturojuma pamatā ir magnētiskās uzņēmības lielums:

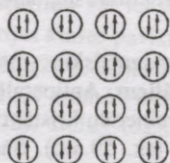
$$\chi = \frac{I}{X}$$

kur χ (kapa) – magnētiskā uzņēmība;

I – minerāla kristāla vienības tilpuma magnētiskais moments;

X (hī) – magnētiskā lauka spriegums.

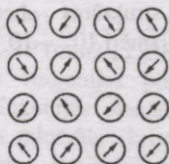
Diamagnētisku minerālu kristālu struktūrās atomi ir nemagnētiski, jo tajos atsevišķo elektronu magnētiskie momenti savstarpēji kompensējas un, līdz ar to, šiem minerālu kristāliem nav sava magnētiskā momenta. Šo minerālu kristālu magnētiskās struktūras shēma parādīta 55.attēlā.



55.attēls. Diamagnētiska minerāla kristāla struktūras shematisks attēls.

Magnētiskā uzņēmība diamagnētiskiem minerālu kristāliem ir negatīva un ļoti maza. Diamagnētisks minerāls ir NaCl.

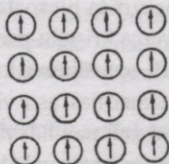
Paramagnētisko minerālu kristālu struktūras pilnībā sastāv no magnētiskiem atomiem jeb tos satur kā piemaisījumus. Atomu magnētiskās assis (virziens ar vislielāko nomagnetizējamību) izvietotas haotiski (sk. 56.att.).



56.attēls. Paramagnētiska minerāla kristāla struktūras shematisks attēls.

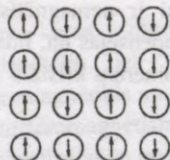
Magnētiskā uzņēmība paramagnētiskiem minerālu kristāliem ir pozitīva, bet maza. Paramagnētiķis ir pīrīts FeS₂.

Feromagnētiskos minerālu kristālus veido magnētiskie atomi vai satur tos kā piemaisījumus. Atomu magnētiskās assis orientētas savstarpēji paralēli. Magnētiskā uzņēmība šiem minerālu kristāliem ir pozitīva un ļoti liela (sk. 57.att.). Feromagnētiķis ir tūrradņu dzelzs jeb kamasīts – α-Fe + 6-7% Ni (cietais šķīdums).



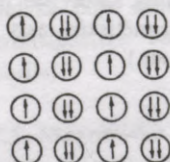
57.attēls. Feromagnētiska minerāla kristāla struktūras shematisks attēls.

Arī **antiferomagnētisku** minerālu kristālu struktūru veido magnētiskie atomi vai satur tos kā piemaisījumus. Atomu magnētiskās assis tajos orientētas antiparalēli. Magnētisko momentu kompensēšanas gadījumā, kā tas parādīts 58.attēlā, magnētiskā uzņēmība ir pozitīva, bet maza. Antiferomagnētiķis ir hematīts Fe₂O₃.



58.attēls. Antiferomagnētiska minerāla kristāla struktūras shematisks attēls.

Antiferomagnētiskos minerālu kristālus, kuru magnētiskie momenti nav kompensēti, sauc par **ferimagnētiskiem minerālu kristāliem**. Antiparalēli orientēto atomu magnētiskie momenti nav vienlīdzīgi un tāpēc šo minerālu kristālu magnētiskā uzņēmība ir pozitīva un sasniedz ievērojamus lielumus (sk. 59.att.). Šādi minerālu kristāli ap sevi rada magnētisko lauku. Pie ferimagnētiskiem minerālu kristāliem pieskaitāms magnetīts (FeFe_2O_4), kas ir nozīmīgākās dzelzsrūdas galvenais minerāls.



59.attēls. Ferimagnētiska minerāla kristāla struktūras shematisks attēls. Domēna izmēri $10^{-5} - 10^{-3} \text{ cm}^3$.

1.9.8. Pjezoelektrība

Elektrību, kuru minerālu kristālos var ierosināt spiedes vai stiepes rezultātā, sauc par pjezoelektrību. Pjezoelektrību nevar ierosināt minerālu kristālos ar simetrijas centru, jo šajā gadījumā minerālu kristālu struktūra no simetrijas centra abās pusēs ir vienāda un, tātad, arī īpašībām jābūt vienādām. Šī paša iemesla dēļ, pjezoelektrība minerālu kristālos nav iegūstama virzienos, kas perpendikulāri simetrijas plāksnēm vai pāra pakāpes simetrijas asīm. Pjezoelektrība parādās tikai polāros virzienos. Kā raksturīgs piemērs pjezoelekta ieguvei jāmin minerāla kvarca kristāls, kura simetrija ir L_33L_2 (32). Trešās pakāpes ass virzienā kvarca kristāls neuzrāda pjezoelektu, jo otrās pakāpes simetrijas ass darbības rezultātā, t.i., pagriežot kvarca kristālu par 180° , trešās pakāpes ass abi gali apmainās vietām. Līdz ar to, var izdarīt secinājumu, ka šis virziens nevar būt polārs. Polārie virzieni atbilst otrās pakāpes simetrijas asu virzieniem, jo saskaņā ar to, ka kristālā ir L_3 , otrās pakāpes simetrijas asu gali nav līdzvērtīgi. Tāpēc, spiežot minerāla kristālu šajā virzienā, viens otrās pakāpes ass gals uzlādējas pozitīvi, bet otrs – negatīvi. Savukārt, stiepjot minerāla kristālu šajā virzienā, novērojama pretēja parādība. Šī novērotā parādība tiek plaši pielietota tehnikā.

Ja minerāla kvarca kristāla plāksnītei, kas izgriezta perpendikulāri otrās pakāpes simetrijas asij L_2 (2), pievieno mainīgu elektriskā lauka potenciāla starpību, tad notiek kvarca kristāla plāksnītes izplešanās un saraušanās. Notiek viļņveidīgas svārstības, kuru periods līdzinās maiņstrāvas elektriskā lauka svārstību periodam. Kvarca

plāksnītes svārstības ierosina to aptverošā vidē ultraskaņas viļņus, kas ūdenī izplatās ļoti lielos attālumos. Šos ultraskaņas viļņus izmanto zemūdens sakariem.

Radioaparaturā kvarca plāksnīti izmanto kā ļoti kvalitatīvu svārstību frekvenču stabilizatoru.

Pjezoelektrību var ierosināt kristālos, kas pieder acentriskām simetrijas klasēm. Tādas simetrijas klases pavisam ir 20.

L_1 (1), L_2 (2), L_3 (3), L_4 (4), L_6 (6), L_{i4} (4), L_{i6} (6)
P (m), L_22P (mm²), L_33P (3m), L_44P (4mm), L_66P (6mm)
 $3L_2$ (222), L_33L_2 (32), L_44L_2 (422), L_66L_2 (622), $L_{i4}2L_22P$ (42m), $L_{i6}3L_23P$ (6m2)
 $3L_24L_3$ (23), $3L_{i4}4L_3$ (43m)

1.9.9. Piroelektrība

Elektrību, kuru minerālu kristālos var ierosināt temperatūras starpības rezultātā vienīgā un polārā virzienā, sauc par piroelektrību. Piroelektrība parādās minerālu kristālos tikai virzienos, kas vienlaicīgi ir polāri un vienīgie. Šādas simetrijas klases pavisam ir 10.

L_1 (1), L_2 (2), L_3 (3), L_4 (4), L_6 (6),
P (m), L_22P (mm²), L_33P (3m), L_44P (4mm), L_66P (6mm).

Triklīnās singonijas primitīvā klasē šādi virzieni ir polārie un vienīgie. Monoklīnās singonijas planālā klasē šādi virzieni atrodas tikai simetrijas plāksnē. Visos pārējos minerālu kristālos, kas parāda piroefektu, ir tikai viens polārais un vienīgais virziens, kas sakrīt ar galveno simetrijas asi. Tipisks minerāls, kas uzrāda šādu efektu ir turmalīns, kura simetrija ir L_33P (3m). Šajā gadījumā L_3 atbilst polāram un vienīgam virzienam. Tāpēc, karsējot šo minerāla kristālu, viens no tā galiem uzrāda pozitīvo lādiņu, bet otrs – negatīvo. Ja šos lādiņus neitralizē un uzsāk minerāla kristāla atdzesēšanu, tad tas minerāla kristāla gals, kas bija ar pozitīvo lādiņu, uzlādējas negatīvi un otrādi. Lai pārliecinātos par divu dažādu lādiņu esamību uz minerāla turmalīna kristāla galiem, kas izveidojušies to karsējot vai atdzesējot, caur zīda sietu izsijā svina mīnija (Pb_3O_4) un sēra (S) pulveri. Berzes rezultātā caur zīda sieta acīm svina mīnija daļiņas ir elektrizējušās ar pozitīvo lādiņu, bet sēra – ar negatīvo lādiņu. Tāpēc turmalīna pozitīvi uzlādējušies daļa pārklājas ar negatīvām dzeltenām sēra daļiņām, bet minerāla kristāla negatīvi uzlādējušies daļa pārklājas ar pozitīvām sarkanām svina mīnija daļiņām.

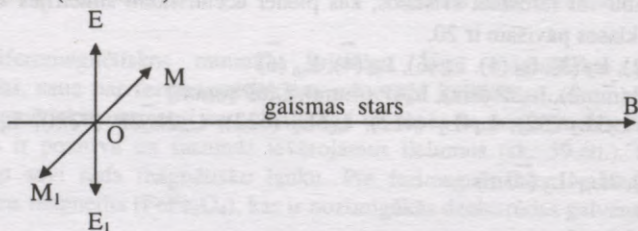
1.9.10. Minerālu optiskās īpašības

Svarīga nozīme gan no teorētiskā, gan praktiskā viedokļa ir minerālu kristālu optiskajām īpašībām, tādām kā atstarošanas spēja, gaismas laušana, spīdums, caurspīdīgums, krāsa, svītras krāsa, luminescence u.c.

1.9.10.1. Elektromagnētiskās svārstības

Mūsdienu optika ir daļa no mācības par elektromagnētiskiem viļņiem. Gaismas viļņi no citiem elektromagnētiskiem viļņiem atšķiras ar salīdzinoši mazo viļņa

garumu. Cilvēka acis spēj uztvert gaismas viļņus, kuru garums ir robežās no 390-760 nm ($1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$). Pēc elektromagnētiskās viļņu teorijas, gaismas stars atbilst vienlaicīgi divu savstarpēji perpendikulāru viļņu svārstību enerģiju (elektrisko EE_1 un magnētisko MM_1) summai. Turklāt šīs svārstības ir perpendikulāras stara izplatīšanās virzienam B (sk. 60.att.).

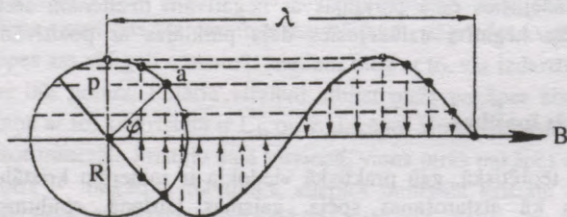


60.attēls. Gaismas stara izplatījuma virziens B un tā elektrisko EE_1 un magnētisko MM_1 svārstību shematisks attēlojums.

Turpmāk tekstā izmantotas tikai elektriskās svārstības (elektrisko svārstību vektors), jo ar to ir pilnīgi pietiekoši, lai aprakstītu un izskaidrotu minerālu kristālu optiskās īpašības.

1.9.10.2. Harmoniskas svārstības

Par harmoniskām svārstībām sauc vienkāršu periodisku viļņu kustību, kas līdzvērtīga punkta kustībai pa apli. 61.attēlā parādītais punkts a vienmērīgi kustas pa apli, kura rādiuss ir R. Punkta a projekcija uz vertikālā diametra ir punkts p. Ja punkta a kustība pa apli ir vienmērīga, tad punkta p projekcijas kustība nav vienmērīga. Punkta p vislielākais ātrums tiek sasniegts, tam izejot caur centru. Punktam p kustoties pa apli uz augšu vai leju, tā ātrums samazinās un sasniedz nulles vērtību vietās, kur vertikālais diametrs krusto apļa līniju. Parādot ātruma izmaiņu līknes veidā, tiek iegūta sinusoīda.



61.attēls. Punkta kustība pa apli ir līdzvērtīga periodiskai gaismas viļņa (stara) kustībai taisnā virzienā B.

Šī līkne parāda punkta p ātrumu jebkurā kustības laika momentā. Leņķi φ , pēc kura var spriest par punkta a atrašanās vietu uz apļa un, tātad, arī svārstības stāvokli jebkurā laika momentā, sauc par **svārstību fāzi**. Attālumu λ starp diviem identiskiem punktiem uz sinusoīdas sauc par **viļņu garumu**.

Dalot gaismas stara noiето ceļa garumu vakuumā 1 sekundes laikā, iegūst gaismas **izplatīšanās ātrumu** V . Savukārt, dalot gaismas stara noiето ceļa garumu 1 sekundē ar viļņa garumu λ , iegūst gaismas viļņa **svārstību biežumu** jeb **frekvenci**:

$$\frac{V}{\lambda} = \nu$$

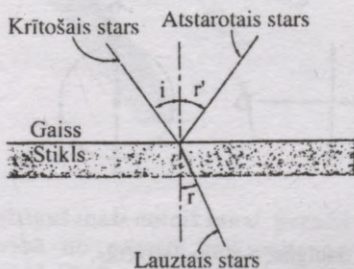
No gaismas viļņa garuma ir atkarīga gaismas krāsa. No apļa rādiusa R lieluma, ko sauc par **amplitūdu**, ir atkarīgs gaismas spilgtums, kas palielinās proporcionāli amplitūdas kvadrātiskajam lielumam.

1.9.10.3. Gaismas atstarošana un laušana

Ja gaismas stars no gaisa vides slīpi krīt uz cietu ķermeni, kas nav pilnīgi necaurspīdīgs, tad daļa no stara atstarojas (atstarotais stars), bet otra daļa iespiežas (pāriet cietā vielā) (lauztais stars) (sk. 62.att.).

Atstarotā stara virziens pakļaujas atstarošanas likumam, saskaņā ar kuru atstarošanas leņķis r' ir vienlīdzīgs krišanas leņķim i ($\sphericalangle r' = \sphericalangle i$); gan krītošais, gan atstarotais stars atrodas vienā plaknē. Stars, kas pāriet cietā vielā, novirzās no sava sākotnējā virziena, resp., stars tiek laužts. Leņķiskā attiecība starp krītošo un laužto staru pakļaujas Snella likumam, ko 1621.gadā atklāja Leidenes universitātes (Holande) matemātikas profesors Villebrords Snellis (1591-1626). Viņš atklāja, ka ikvienai vielai ir raksturīgs savs patstāvīgs gaismas laušanas koeficients n , kas ir krītošā stara leņķa i un laužtā stara leņķa r sinusu attiecība:

$$n = \frac{\sin i}{\sin r}$$



62.attēls. Gaismas stara atstarošana un laušana uz robežvirsmas starp divām vidēm: i – krišanas leņķis, r – laušanas leņķis, r' – atstarošanas leņķis.

Vēlāk noskaidroja, ka gaismas laušanas koeficientu var noteikt arī kā gaismas izplatījuma ātrumu attiecību gaisā un cietajā vidē:

$$n = \frac{V}{v},$$

kur V – gaismas ātrums gaisā;

v – gaismas ātrums cietā vidē.

Gaismas ātrums gaisā ir 300000 km/sek. Ja gaismas ātrums vielā ir 200000 km/sek, tad šīs vielas gaismas laušanas koeficients ir

$$\frac{300000}{200000} = 1,5$$

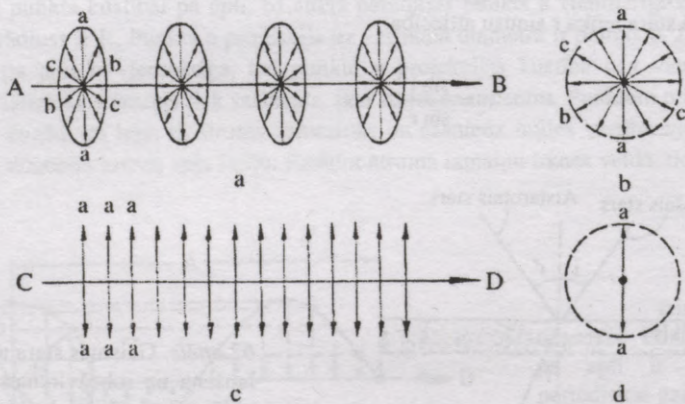
Lielākai daļai cieto vielu gaismas laušanas koeficienti ir robežās no 1,4 līdz 2,0. Vielas gaismas laušanas koeficients, tāpat kā blīvums, ir atkarīgs no vielas ķīmiskā sastāva un struktūras. Ja vielas blīvums ir D , tad ar gaismas laušanas koeficientu n tas saistās apmēram šādā sakarībā:

$$\frac{n-1}{D} = K,$$

kur K – konstante, kas atkarīga no vielas sastāva.

1.9.10.4. Dabīgā un polarizētā gaisma

Gaismas, kas izplatās no jebkura gaismas avota izotropā vidē, elektriskās svārstības vektori ir orientēti visdažādākos virzienos, kas ir perpendikulāri stara izplatīšanās virzienam (gaismas stars ir virziens, kurā izplatās gaismas enerģija). Šādu gaismu sauc par **dabīgo gaismu**.



63.attēls. Gaismas svārstības: a, b - dabīgās; c, d - polarizētās.

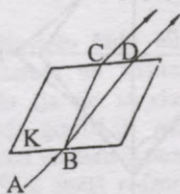
63.attēlā parādīts dabīgās gaismas stars, kur AB ir gaismas izplatīšanās virziens un aa, bb, cc ir gaismas svārstību virzieni (a, b variants). No attēla redzams, ka gaismas svārstības notiek visdažādākos virzienos plaknē, kas perpendikulāra gaismas izplatīšanās virzienam AB. Atšķirībā no dabīgās gaismas (nepolarizētās), polarizētās

gaismas svārstības aa visas notiek vienā noteiktā virzienā perpendikulāri gaismas stara CD virzienam (c,d variants).

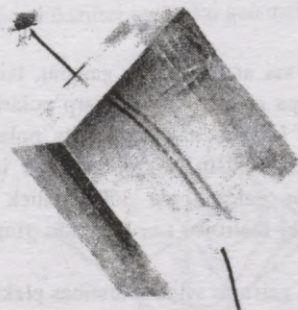
Gaismu, kuras svārstības notiek paralēlos virzienos un, tātad, atrodas vienā plāksnē, kas sakrīt ar gaismas stara virzienu, sauc par **polarizēto gaismu**.

1.9.10.5. Staru dubultlaušana

Ja uz vidējās vai zemākās kategorijas minerāla kristālu K krīt nepolarizētas gaismas stars AB, tad vispārīgā gadījumā bez gaismas stara laušanas notiek arī tā sadalīšanās divos staros BC un BD (sk. 64.att.). Šo divu gaismas staru (viļņu) izplatīšanās ātrumi kristālā ir dažādi un, tātad, atšķirīgi ir arī to gaismas laušanas koeficienti. Turklāt abi stari ir polarizēti un to gaismas viļņu svārstību polarizācijas plāksnes ir savstarpēji perpendikulāras.



64.attēls. Gaismas stara dubultlaušana zemākās un vidējās kategorijas kristālos.



Parādību, ka gaismas stars, ieejot kristālā, sadalās divos staros, sauc par **dubultlaušanu**. Gaismas laušanas koeficientu starpību sauc par **dubultlaušanas spēju**. Šī parādība ir novērojama visu singoniju kristālos. Izņēmums ir kubiskās singonijas kristāli. Šī starpība parasti ir ļoti mazs lielums, piemēram, kvarcam tas ir 0,009. Dažos gadījumos dubultlaušana izpaužas ļoti uzskatāmi, piemēram, kalcīta (CaCO_3) kristālā, kuram šī starpība ir 0,172.

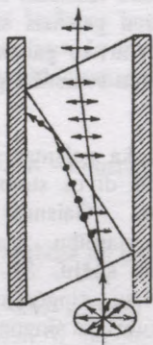
Stariem, kas izveidojušies kalcīta kristālā, ir tik liela gaismas laušanas koeficientu starpība, ka, novērojot sīkus priekšmetus caur šo kristālu, tie izskatās dubultoti (sk. 65.att.).

65.attēls. Dubultlaušana, kas novērojama minerāla kalcīta kristālā.

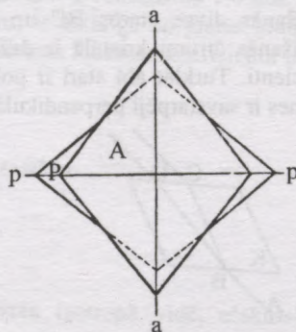
Dubultlaušanas noteikšanai parasti izmanto polarizācijas mikroskopu, kas, atšķirībā no parastā mikroskopa, satur divas būtiskas detaļas – Nikola (V.Nicol 1768-1851) prizmas (polarizatoru P un analizatoru A). Polarizators P atrodas zem mikroskopa priekšmetu galdiņa. Analizators A iebīdāms mikroskopa tubusā un atrodas starp objektīvu un okulāru. Ar polarizatora palīdzību dabīgā gaisma tiek pārveidota par polarizēto gaismu, t. i., gaismu, kuras viļņu svārstības notiek vienā plaknē. Parasti

polarizatoru iestāda tā, lai šīs svārstības notiek paralēli redzeslauka transversālam diedziņam pp.

66.attēlā parādīta staru gaita Nikola prizmā. Nikola prizmā otrs stars, kura svārstības notiek perpendikulārā plaknē, iekšēji pilnīgi atstarojas un absorbējas mikroskopa tubusā. Analizators laiž cauri gaismu, kuras viļņu svārstības notiek perpendikulārā virzienā attiecībā pret polarizatorā iegūtām gaismas viļņa svārstībām.



66.attēls. Gaismas stara gaita Nikola prizmā.

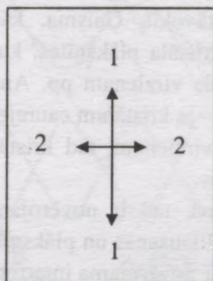


67.attēls. Nikoli sakrustotā stāvoklī.

Faktiski analizatora uzdevums ir izanalizēt vai ar polarizēto gaismu, tai izejot cauri kristāla plāksnītei, kas atrodas uz mikroskopa galdiņa (tātad, starp polarizatoru un analizatoru) ir notikušas kādas izmaiņas. Ja kristāls nav izmainījis polarizētās gaismas viļņa svārstību plakni, tad, novērojot šo kristālu mikroskopā pie ieslēgta analizatora, tas visu laiku, apgriežot mikroskopa galdiņu par 360° , paliek tumšā stāvoklī. Šajā gadījumā pētāmais objekts ir optiski izotrops, t.i., kubiskās singonijas kristāls vai arī amorfa viela (piem., stikls).

Turpretim, ja kristāls ir izmainījis polarizētas gaismas viļņa svārstības plakni, tad, izdarot mikroskopa galdiņavienu pilnu apgriezianu, kristāls četras reizes kļūst izgaismots un četras reizes tumšs jeb nodziest. Šādu ainu uzrāda visi anizotropie kristāli, t.i., visu pārējo sešu singoniju kristāli.

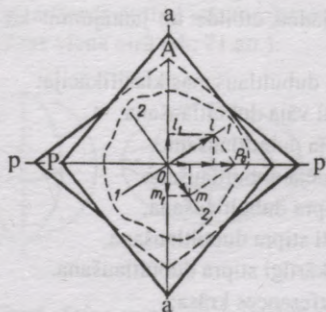
Parasti kristālu optiskās izpētes vajadzībām no tā izgatavo plānslīpējumu, kura biezums ir robežās no 0,02-0,03 mm. Šādu plānu kristāla plāksnīti parasti ielīmē starp divām stikla plāksnītēm - priekšmeta stikliņa, kas kalpo kā pamatne un no augšas pārklāj ar plānāku stikliņu, ko sauc par segstikliņu. Jebkura anizotropā kristāla plāksnīte polarizētas gaismas svārstības laiž cauri divos savstarpēji perpendikulāros virzienos (sk. 68.att.).



68.attēls. Minerāla kristāla plāksnītes polarizētās gaismas svārstību caurlaišanas virzieni.

Novieto šādu minerāla kristāla plāksnīti uz mikroskopa galdiņa, t.i., starp polarizatoru un analizatoru. Zemāko un vidējo kategoriju (anizotropo) minerālu kristālu (ja tie atrodas starp krustotiem nikoliem) nodzišanas un izgaismošanas stāvokļa grafiskais pamatojums, izmantojot paralelograma likumu, gaismas viļņu svārstību vektoru summārās darbības noteikšanai dots 69.attēls.

Šajā attēlā redzamie virzieni 1-1 un 2-2 ir savstarpēji perpendikulāri virzieni, kuros plāksnīte laiž cauri polarizētās gaismas viļņus. No polarizatora iznākošais vilnis ar svārstību virzienu pp, nonākot kristālā, sadalās divos viļņos, kuru svārstības notiek virzienos 1-1 un 2-2. Ja polarizētās gaismas viļņa amplitūda jeb svārstību vektors ir OP_0 , tad, sadalot šo vektoru pēc paralelograma likuma divos vektoros pa virzieniem 1-1 un 2-2, iegūst svārstību vektorus jeb vienkārši svārstības Ol un Om , kas piemīt cauri kristāla plāksnītei izgājušai gaismai.



69.attēls. Zemākās vai vidējās kategorijas minerāla kristāls izgaismotā stāvoklī starp sakrustotām Nikola prizmām.

Tālāk šī gaisma nonāk pie analizatora, kurš laiž cauri aa virziena svārstības. Saskaņā ar to iegūtie vektori Ol un Om atkal pēc paralelograma likuma sadalās divās daļās – pa svārstību aa un pp virzieniem. Virzienam pp atbilstošās svārstības analizators nelaiž cauri. Caur analizatoru iziet tikai tā gaisma, kuras svārstības atbilst aa virzienam, t.i., Ol_1 un Om_1 svārstības. Šādā stāvoklī kristāls ir izgaismots,

neskatoties uz to, ka Nikola prizmas atrodas krustotā stāvoklī. Griezot mikroskopa galdiņu panāk, ka virzieni 1-1 un 2-2 sakrīt ar virzieniem pp un aa. Šādā stāvoklī kristāls ir tumšs – kristāls atrodas nodzišanas stāvoklī. Gaisma, kas iznāk no polarizatora P ar svārstību virzienu pp nonāk pie kristāla plāksnītes, kurā viens no gaismu caurlaidošiem svārstību virzieniem ir paralēls virzienam pp. Analizators šīs svārstības nelaiž cauri. No iepriekš teiktā var secināt – ja kristālam caurejošās gaismas svārstību virzieni ir paralēli polarizatora svārstību virzienam, tad kristāls krustotos nikolos atrodas nodzišanas stāvoklī, t.i., izskatās tumšs.

Ja kristāla plāksnīti pēta baltā (dienas) gaismā, tad ir novērojamas dažādas interferences krāsas, kas ir atkarīgas no kristāla dubultlaušanas un plāksnītes biezuma. Piemēram, ja ir 0,08 mm bieža kvarca plāksnīte, tad ir novērojama interferences krāsa, kas atbilst 720 nm garam vilnim. $(n_g - n_p) d = 0,009 \cdot 0,08 = 720 \text{ nm}$

Doti dažādu krāsu gaismas viļņu garumi:

Ultravioleta	$\lambda < 400 \text{ nm}$
Violeta	$\lambda = 400 - 430 \text{ nm}$
Zila	$\lambda = 430 - 480 \text{ nm}$
Zilgana	$\lambda = 480 - 500 \text{ nm}$
Zaļa	$\lambda = 500 - 530 \text{ nm}$
Zaļgani dzeltena	$\lambda = 530 - 570 \text{ nm}$
Dzeltena	$\lambda = 570 - 590 \text{ nm}$
Oranža	$\lambda = 590 - 630 \text{ nm}$
Sarkana	$\lambda = 630 - 800 \text{ nm}$

Ja interferē viļņi, kas viens no otra ir atpalikuši par veselu viļņa garumu, λ , 2λ , 3λ utt., tad attiecīgās krāsas vilnis pastiprinās, bet, ja interferē viļņi, kas viens no otra atpaliek par pusvilni $\frac{1}{2}\lambda$, $1\frac{1}{2}\lambda$ utt., tad attiecīgās krāsas gaismas vilnis izzūd.

Nobeidzot pārskatu par dubultlaušanu, jādod atbilde uz jautājumu: kā noteikt dubultlaušanas spēju pēc interferences krāsas.

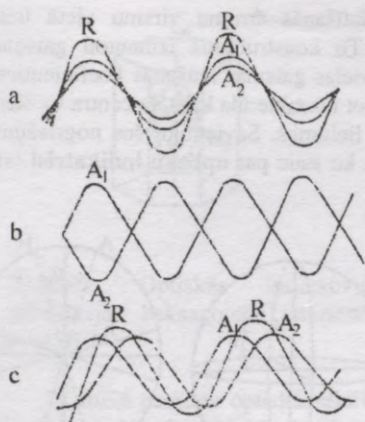
Atkarībā no $n_g - n_p$ starpības, ir izstrādāta dubultlaušanas klasifikācija:

$n_g - n_p < 0,004$	ļoti vāja dubultlaušana,
$0,004 < n_g - n_p < 0,010$	vāja dubultlaušana,
$0,010 < n_g - n_p < 0,020$	vidēja dubultlaušana,
$0,020 < n_g - n_p < 0,100$	stipra dubultlaušana,
$0,100 < n_g - n_p < 0,200$	ļoti stipra dubultlaušana,
$0,200 < n_g - n_p$	ārkārtīgi stipra dubultlaušana.

Katrai dubultlaušanai atbilst noteikta interferences krāsa:

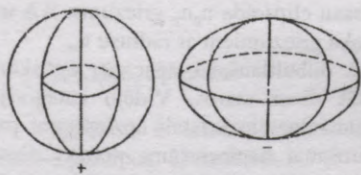
Ļoti vājai -	tumši pelēka.
Vājai -	balta, dzeltena.
Vidējai -	visas spilgtās krāsas, izņemot zaļu.
Stiprai -	visas spilgtās krāsas un zaļa.
Ļoti stiprai -	bālas krāsas, perlamutra krāsa.
Ārkārtīgi stiprai -	krāsa ar analizatoru paliek tāda pati kā bez analizatora.

70.attēlā parādīta viļņu interferences aina ar dažādām fāžu nobīdēm.



70.attēls. Gaismas viļņu interference ar dažādām amplitūdām un fāžu nobīdēm: a – interferē viļņi, kas atpalikuši par veselu viļņa garumu $n\lambda$ un dažādām amplitūdām, rezultējošais vilnis ar amplitūdu R ; b – interferē viļņi, kas atpalikuši par pusvilni $1/2\lambda$ un vienādām amplitūdām, rezultējošais vilnis izzūd, gaisma nodziest; c – $<\lambda$, amplitūdas ir vienādas, rezultējošais vilnis ar amplitūdu R .

Optiskās īpašības ir cieši saistītas ar vielas struktūru. Cietās amorfās vielās, piemēram, stiklā un kubiskās singonijas kristālos gaismas izplatīšanās ātrums (arī gaismas laušanas koeficienta lielums) nav atkarīgs no mērīšanas virziena. Līdz ar to, var secināt, ka gaismas izplatīšanās ātrums amorfās vielās un kubiskās singonijas kristālos raksturojams ar lodes virsmu, t.i., noteiktā laika vienībā visos virzienos stari ir izplatījušies vienādās attālumos. Šādas vielas sauc par **optiski izotropām** vielām. Vielas, kurās gaismas izplatīšanās ātrums ir atkarīgs no virziena, sauc par **optiski anizotropām** vielām. Daudz sarežģītāk gaismas stars izplatās vidējās un zemākās kategorijas kristālos. Šajos kristālos visos virzienos (izņemot optiskās ass virzienu), izplatās divi gaismas viļņi (stari), kuri atšķiras pēc sava ātruma un ir polarizēti savstarpēji perpendikulārās plāksnēs. Vidējo kategoriju minerālu kristālu gaismas viļņu izplatīšanās ātrumi raksturojami ar divām virsmām – lodes un rotācijas elipsoīda, kas ieliktas viena otrā (sk. 71.att.).

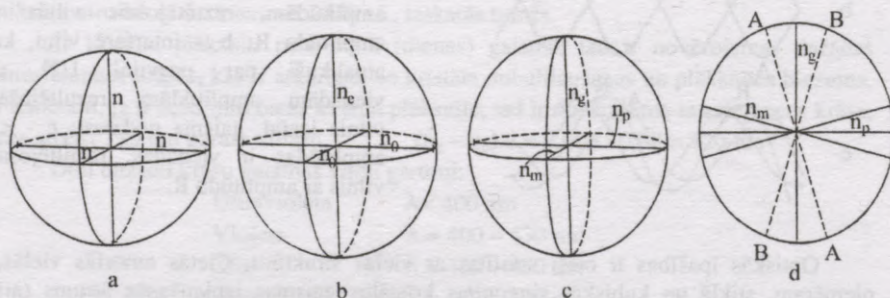


71.attēls. Vidējās kategorijas minerālu kristālu gaismas viļņu izplatīšanās ātrumu virsmas.

Tātad, šajos minerālu kristālos vienā un tajā pašā virzienā izplatās divu veidu stari. Viena veida stara viļņu izplatīšanās ātruma virsma veido lodi, t.i., visos virzienos to izplatīšanās ātrums ir vienāds. Otra veida stara viļņu izplatīšanās ātruma virsma veido rotācijas elipsoīdu. Pirmā veida starus sauc par **parastajiem**, bet otrā veida – par **neparastajiem** stariem.

Zemāko singoniju minerālu kristālos gaismas viļņu izplatīšanās ātruma virsmas ir vēl sarežģītākas, tās atbilst trīsas elipsoīdam.

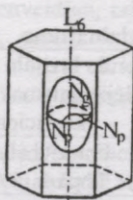
Minerālu kristāloptikas praksē viņu izplatīšanās ātrumu virsmu vietā lieto virsmas, ko sauc par optiskām indikatrīsēm. To konstruēšanā izmantoti gaismas laušanas koeficienti. Saistību starp anizotropas vielas gaismas laušanas koeficientiem un virzieniem minerāla kristālā var attēlot, attiecot no minerāla kristāla centra uz šiem virzieniem koeficientu vai tiem proporcionālus lielumus. Savienojot šos nogriežņus, resp., apvelkot ap tiem virsmu, iegūstam figūru, ko sauc par **optisko indikatrīsi** (sk. 72.att.).



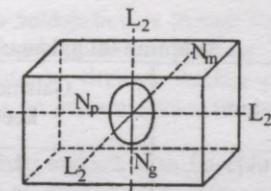
72.attēls. Optiskās indikatrīses: a - optiski izotropu vielu, b - vienasu kristālu, c - divasvu kristālu un d - trīsasu elipsoīda $n_p n_g$ griezumus.

72.att. a indikatrīse ir lode (sfēra), kuras rādiuss ir proporcionāls dotās vielas gaismas laušanas koeficientam n . b gadījumā indikatrīse ir rotācijas elipsoīds, kura horizontālā griezumā rādiuss ir proporcionāls n_o , vienam no galveniem laušanas koeficientiem, bet vertikālā ass ir proporcionāla n_c - otram galvenajam laušanas koeficientam, n_c var būt lielāks un mazāks par n_o . Riņķa šķēlums vienmēr ir perpendikulārs kristalogrāfiskai asij c. 72.att. c indikatrīse atbilst trīsasu elipsoīdam, kura galvenās ass ir proporcionālas vismazākam laušanas koeficientam n_p , vislielākajam koeficientam n_g un vidējam - n_m . (No franču valodas "grand" - liels, "moyen" - vidējs, "petit" - mazs.) 72.att. d ir trīsasu elipsoīda $n_p n_g$ griezumus. AA un BB ir optiskās ass, kas perpendikulāras diviem riņķa griezumiem ar rādiusu n_m .

Virzienus minerālu kristālos, kuros nenotiek dubultlaušana, sauc par optiskām asīm, t.i., šajā virzienā gaismas stars nesadalās divos staros. Vidējo kategoriju minerālu kristāliem ir viena optiskā ass, tātad šie minerālu kristāli apzīmējami par optiski vienasu minerālu kristāliem. To raksturošanai nepieciešams noteikt divus gaismas laušanas koeficientus n_g un n_p . Zemāko kategoriju minerālu kristāli ir optiski divasvu minerālu kristāli un to raksturošanai nepieciešams noteikt trīs gaismas laušanas koeficientus n_g , n_m un n_p . 73.attēlā parādīta optiskās indikatrīses orientācija heksagonālā minerāla kristālā. N_g un N_p ir optiskās indikatrīses ass, kas proporcionālas gaismas laušanas koeficientiem n_g un n_p .



73.attēls. Optiskās indikatries orientācija heksagonālā minerāla kristālā



74.attēls. Optiskās indikatries orientācija rombiskās singonijas minerāla kristālā.

74.attēlā parādīta optiskās indikatries orientācija rombiskās singonijas kristālā. N_g , N_m un N_p ir optiskās indikatries asis, kas proporcionālas gaismas laušanas koeficientiem n_g , n_m un n_p .

Tālāk parādīti dažādi elektromagnētiskā starojuma viļņu garumi, salīdzinot redzamās gaismas viļņu garumu ar citiem elektromagnētiskajiem starojumiem.

Elektromagnētiskā starojuma viļņu garumi, Å

Gamma stari	$10^{-5} - 100$
Rentgena stari	1 - 140 (1000)
Ultravioletie stari	500 - 3900
<u>Redzamā gaisma</u>	<u>3900 - 7700</u>
Infrasarkanie stari	$7700 - 10^6$
Īsie radioviļņi	$10^6 - 10^{11}$
Radiopārraides viļņi	$10^{11} - 10^{12}$
Garie radioviļņi	$10^{12} - 10^{17}$

$$1 \text{ nm} = 10 \text{ Å}$$

1.9.10.6. Spīdums

Spīdums ir kristāla izskats atstarotā gaismā. Izšķir divus galvenos spīduma veidus jeb tipus: 1) metālisko;

2) nemetālisko.

Spīdumu starp šiem diviem tipiem sauc par pusmetālisko. Spīduma izjūtu rada atstarotās gaismas daudzums un krāsa, tas atkarīgs no virsmas struktūras. Starp spīdumu un gaismas laušanas koeficientu pastāv zināma sakarība: jo lielāks ir gaismas laušanas koeficients n , jo lielāks ir spīdums (sk. 8.tab.).

Metāliskis spīdums piemīt minerālu kristāliem, kas stipri absorbē redzamo gaismu, kas ir necaurspīdīgi vai gandrīz necaurspīdīgi pat ļoti plānās kārtiņās vai atlūzās. Šo minerālu gaismas laušanas koeficienti n ir 3 un lielāki par 3. Šajā grupā ietilpst tīrdradņu metāli un lielākā daļa sulfīdu.

Spīduma un gaismas laušanas koeficienta salīdzinājums

Spīdums	Gaismas laušanas koeficients	Minerālu kristālu piemēri un vidējie gaismas laušanas koeficienti
Stikla	1,3 – 1,8	Fluorīts (1,434) Topāzs (1,620)
Dimanta	1,8 – 2,7	Cirkons (1,964) Dimants (2,417)
Dimanta - spilgtais	2,7 – 3,4	Cinobrs (2,900)

Pusmetāliskais spīdums ir minerāliem ar gaismas laušanas koeficientu no 2,6 līdz 3. Lielākā daļā tie ir necaurspīdīgi vai gandrīz necaurspīdīgi. Kā piemēru var minēt kuprītu ($n = 2,85$), cinobru ($n = 2,9$), hematītu ($n = 3,0$).

Nemetāliskais spīdums. Izšķir vairākus tā paveidus:

Dimanta spīdums - spožs spīdums, tipisks dimantam. Raksturīgs minerāliem ar gaismas laušanas koeficientu no 1,9 – 2,6. Kā piemērus var minēt cirkonu ($n = 1,92-1,94$), kasiterītu ($n = 1,99-2,09$), sfalerītu ($n = 2,4$) un dimantu ($n = 2,45$).

Stikla spīdums raksturīgs minerāliem ar gaismas laušanas koeficientiem no 1,3 – 1,9. Šis spīdums līdzīgs stikla virsmas spīdumam. Šajā intervālā ietilpst ap 70 % no visiem minerāliem, tajā skaitā gandrīz visi silikāti, liela daļa karbonātu, fosfātu, sulfātu, haloīdu un oksīdu utt.

Taukains, vaska, zīdains, perlamutra un matēts spīdums ir nemetāliskā spīduma paveidi, kas atšķiras atkarībā no atstarojošās virsmas struktūras. Taukains spīdums līdzīgs taukainas virsmas spīdumam (sērs). Perlamutra spīdums raksturīgs minerāliem ar ļoti labu skaldnību (vizlas, talks). Zīdains spīdums ir sīkšķiedrainiem minerālu agregātiem (smalkam šķiedru ģipsim, azbestam).

1.9.10.7. Gaismas caurlaidība (caurspīdīgums)

Caurspīdīgumu nosaka galvenokārt materiāla gaismas caurlaidības pakāpe. Sīkos graudos vai arī pa lielu graudu malām lielākā daļa minerālu ir vai nu caurspīdīgi, vai arī necaurspīdīgi.

Par caurspīdīgiem sauc minerālus, kas spējīgi laist cauri gaismu, caur šādu minerālu var redzēt citus objektus.

Par puscaurspīdīgiem sauc minerālus, kas laiž cauri gaismu, bet šādiem minerāliem cauri nevar skaidri redzēt citus objektus.

Par necaurspīdīgiem sauc minerālus, kas nelaiž cauri gaismu.

Caurspīdīgumu var saistīt ar spīdumu; materiāli ar metālisku spīdumu ir necaurspīdīgi, bet ar nemetālisku spīdumu – caurspīdīgi vai puscaurspīdīgi.

1.9.10.8. Minerālu krāsa

Minerālu krāsa ir viena no svarīgākajām minerālu diagnostikas īpašībām. Minerāli, kas veidojas Zemes dziļēs augstās temperatūrās, lielākoties ir tumši, pelēki,

krāsa ir vienveidīga, tajā pašā laikā minerāli, kas veidojušies uz Zemes virsmas no šķīdumiem, parasti ir gaiši, balti un caurspīdīgi. Magmatiskos procesos minerālu veidošanās notiek to krāsu intensitātes samazināšanās virzienā. Atklāta empīriskā likumsakarība: vispirms kristalizējas tumšās rūdas un krāsainie minerāli, pēc tam – bezkrāsainie.

Pēc mūsdienu priekšstatiem minerālu krāsa rodas saskaņā ar to, ka tos veidojošie atomi un joni absorbē redzamo gaismu pilnībā vai arī noteiktu viļņu garumu robežās. Vienmērīga visa spektra absorbcija iekrāso minerālu ahromatiskās krāsās, t.i., pelēko toņu gammā no bezkrāsainās vai baltas līdz melnai. Absorbcija noteikta viļņa garuma robežās iekrāso minerālus tīrās papildkrāsās.

Nereti ir gadījumi, kad viena un tā paša minerāla krāsa mainās atkarībā no veidošanās apstākļiem, piemaisījumu rakstura. Tā, piemēram, fluorīts var būt gan bezkrāsains, gan arī zaļš, violets, pelēks vai brūns. Fluorītu sildot, krāsa pazūd, bet apstājot krāsa atkal atjaunojas. Atkarībā no dažādiem piemaisījumiem laukšpati var būt ne vien balti, bet arī sarkani, zaļgani un pat melni. Kalnu kristāls bez piemaisījumiem ir bezkrāsains, bet mangāna oksīdi kvarcam piedod violetu nokrāsu, un šādu savdabi sauc par ametistu. Tas pats kvarcs var būt arī dzeltens (citrīns) vai melns (morions). Minerāls turmalīns var būt gan zaļā, iesārtā, brūnā un pat melnā krāsā, atkarībā no tā, kādu elementu savienojumi veido tā piemaisījumus. Patstāvīgāki šajā ziņā ir rūdu minerāli ar metālisku spīdumu, kuriem atkāpes no noteiktām krāsām ir retāk.

Daži krāsaini minerāli, skatoties caur tiem dažādos virzienos, var būt dažādās krāsās (piem., epidots), atkarībā no caurlūkošanas virziena, var būt gan zaļganā, gan brūnā krāsā.

1.9.10.9. Svītras krāsa

Bez krāsas, kas novērojama minerāla graudam, izšķir arī tā svītras krāsu, kas ir smalka minerāla pulvera krāsa. Minerāla pulvera krāsa bieži vien nesaskan ar minerāla grauda krāsu. Minerāla svītras krāsu nosaka velkot ar doto minerālu pa neglazētu porcelāna plāksnīti. Salīdzinot ar minerāla krāsu, minerāla svītras krāsa ir raksturīgāka. Piemēram, hematīts var būt no sarkana līdz metāliski pelēkam, bet vienmēr ir tumši sarkanbrūns, kad to sasmalcina. Svītras krāsu kā svarīgu diagnosticējošu pazīmi izmanto, nosakot necaurspīdīgus un daļēji caurspīdīgus minerālus.

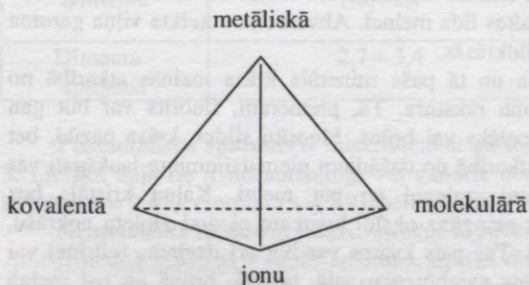
Bezkrāsainu un baltu minerālu svītras krāsa ir balta. Minerāliem, kuru krāsu nosaka dažādi piemaisījumi, svītrā parasti piemaisījuma krāsa izpaužas mazāk vai pat nemaz. Tādējādi dažādām krāsainām minerāla variācijām būs līdzīga svītras krāsa. Minerāliem ar metālisku spīdumu visbiežāk novērojama dažādu melnu toņu svītras krāsa.

1.10. Ķīmiskās saites tipi kristālu struktūrās

No spēkiem, kas darbojas starp kristālu struktūru veidojošām daļiņām, ir atkarīga attiecīgās struktūras stabilitāte. Būtisku atšķirību starp metālu (nātrija, vara, zelta u.c.) un sāļu (halīta, silvīna) īpašībām nosaka divu principiāli atšķirīgu ķīmisko saišu tipi

starp daļiņām šajos minerālu kristālos. Radās jēdziens par metālisko un jonu jeb heteropolāro saiti.

Minerālu kristālu tālākā izpēte parādīja, ka iespējams izdalīt vēl divus saišu tipus – atomāro jeb homopolāro (kovalento), piemēram, dimanta gadījumā, un starpmolekulāro (lielākai daļai kristālisko organisko savienojumu un cēlgāzēm cietā stāvoklī). Organiskos savienojumos starpmolekulārā saite ir starp molekulām, bet molekulu iekšienē pastāv homopolārā saite.



75.attēls. Minerālu kristālu saišu tetraedrs.

Kristālu struktūras, kurās ir tikai viens saišu veids, sauc par **homodesmiskām struktūrām** (varš, dimants, NaCl). Ja vienā un tajā pašā kristāla struktūrā ir pārstāvēti vairāki saišu veidi, tad šādas struktūras sauc par **heterodesmiskām struktūrām** (grafīts, organiskie kristāliskie savienojumi). **Mezodesmiskās struktūras**, kā norāda nosaukums (no grieķu val. “mezos” – vidējs, starp), ir tādas, kurās saites raksturs ir starp homodesmisko un heterodesmisko saiti. Praktiski gandrīz nav minerālu kristālu, kuros būtu tikai viens saites tips. Visticamāk, ka jebkurš konkrētais minerāla kristāls, no saišu viedokļa, atrodas kādā no punktiem starp tetraedra virsotnēm (sk. 75.att.).

1.11. Minerālu sadalījums no struktūras viedokļa

Minerālus pieņemts iedalīt jeb klasificēt pēc dažādām pazīmēm. Detalizētāk šis jautājums aplūkots šīs grāmatas sadaļā, kas attiecas uz sistemātisko mineraloģiju. Šajā sadaļā dota tikai norāde par minerālu klasifikācijas iespēju no uzbūves jeb struktūras viedokļa.

No uzbūves jeb struktūras, t.i., minerālus veidojošo daļiņu (atomu, jonu molekulu) savstarpējā telpiskā izvietojuma un ķīmiskās saites rakstura starp tām, izšķir šādus minerālu struktūras tipus:

- koordinācijas tipa struktūra - 18,4 %;
- saliņu tipa struktūra - 34,5 %;
- gredzenu tipa struktūra - 2,3 %;
- ķēdīšu tipa struktūra - 13,5 %;
- kārtainā (slāņu) tipa struktūra - 21,5 %;
- karkasa tipa struktūra - 9,8 %.

1.11.1. Minerāli ar koordinācijas struktūru

Šāda tipa struktūrām raksturīgs vienmērīgs trīsdimensionāls telpiskais daļiņu izvietojums ar viena tipa ķīmisko saiti starp tām.

Koordinācijas struktūrās visi attālumi starp struktūru veidojošām daļiņām ir vienlīdzīgi, t.i., ar vienu cirkuļa kājiņu atvērumu, kas atbilst attālumam starp divām tuvākām daļiņām, var apiet visas daļiņas un atgriezties sākuma stāvoklī. Tuvākā un vienādā attālumā atrodošos atomu skaitu vai pretēja lādiņa jonu skaitu, kas aptver izvēlēto centrālo atomu, sauc par **koordinācijas skaitli**. Savukārt, ģeometrisku figūru, ko iegūst, savienojot ar taisnām līnijām aptverošo atomu vai jonu centrus, un pēc tam caur tiem novelkot plaknes (skaldnes) iegūst ģeometrisku figūru, ko sauc par **koordinācijas daudzskaldni** vai **poliedru**. Koordinācijas struktūras visbiežāk var iedomāties kā sastāvošas jeb izveidotas no tetraedriem, oktaedriem, heksaedriem un kbooktaedriem. Šiem poliedriem parasti ir kopīgi vairāki uzbūves elementi (skaldnes, šķautnes vai virsotnes). Poliedriem jābūt ne mazāk kā trim kopīgām virsotnēm. No minerālu kristāliem pie šāda struktūras tipa pieder ievērojams skaits metāla struktūru, kuros metālu atomi izvietojušies pēc lodīšu blīvā sakārtojuma principa, kā, piemēram, varš Cu, zelts Au, platīns Pt, dimants C, magnijs Mg, kā arī daudz sulfīdu un halogenīdu minerālu kristālu kā halīts NaCl, sfalerīts ZnS, galenīts PbS, fluorīts CaF₂ u.c.

1.11.2. Minerāli ar saliņu tipa struktūru

Par saliņu tipa struktūrām sauc tādas struktūras, kurās parasti anjona daļa ir pārstāvēta kompleksu jeb radikālu veidā. Kompleksi jeb radikāli minerālu struktūrā izdalās kā diskrētas grupas jeb saliņas. Šīs diskrētās grupas jeb saliņas savā starpā sasaista katjoni. Ķīmiskā saite starp saliņu veidojošām daļiņām ir ievērojami stiprāka un cita tipa nekā saite starp saliņu un katjonu, kas savstarpēji tās sasaista. Saite starp saliņu veidojošām daļiņām visbiežāk ir relatīvi stipra kovalentā saite, bet starp saliņām un tās aptverošiem un savstarpēji sasaistošiem katjoniem parasti ir jonu tipa saite.

Saliņu (anjonu) konfigurācija var būt lineāra [S₂]²⁻, trīsstūrveidīga [CO₃]²⁻, [BO₃]²⁻, piramidāla [SeO₃]³⁻, tetraedriska [SiO₄]⁴⁻, [PO₄]³⁻, oktaedriska [TiO₆]⁸⁻, [ZrO₆]⁸⁻, vai arī sarežģītāka veida, kā, piemēram, [Si₂O₇]⁶⁻, [B₂O₅]⁴⁻. Šie sarežģītākie radikāli uzskatāmi par starpstāvokli starp saliņu tipa un gredzenveida struktūrām. Kā saliņu tipa struktūru minerālu piemērus var minēt pirītu FeS₂, olīvīnu (Mg,Fe)₂[SiO₄], barītu Ba[SO₄], kuros attiecīgie radikāli [S₂]²⁻, [SiO₄]⁴⁻, [SO₄]²⁻ veido saliņas.

1.11.3. Minerāli ar gredzena tipa struktūru

Par gredzena tipa struktūrām sauc tādas struktūras, kurās sastopamas gredzenveida jeb cikliskas diskrētas grupas. Šādas struktūras mēdz veidot tādi elementi kā As, S vai arī anjonu poliedri, kā [SiO₄]⁴⁻[PO₄]³⁻ u.c. Gredzeni pēc savas

konfigurācijas visbiežāk mēdz būt trīsstūra, četrstūra, sešstūra, astoņstūra un tos sauc par trīslopekļu, četrlopekļu, sešlopekļu, astoņlopekļu gredzeniem. Starp gredzenus veidojošām daļiņām parasti pastāv stipra kovalentā saite. Savā starpā gredzeni saistīti ar molekulāro saiti (piem., minerālam sēram) vai jonu tipa saiti (piem., sešlopekļu gredzenus, ko veido silīcija-skābekļa tetraedri, savstarpēji sasaista divvērtīgie katjoni). Gredzena tipa struktūra piemīt tādiem minerāliem kā sēram S, berilam $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$, kordierītam $(\text{Mg,Fe})_2\text{Al}_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{18}]$ u.c.

1.11.4. Minerāli ar ķēdīšu un lentu tipa struktūru

Par ķēdīšu un lentu tipa struktūrām sauc tādas struktūras, kurās pastāv vienvirziena orientācijas diskrētas grupas - ķēdītes un lentas. Šīs vienvirziena orientācijas diskrētās grupas visbiežāk veido minerāla struktūras anjona daļu. Ķēdīšu un lentu veidojošās daļiņas parasti saista kovalentā saite. Savukārt, ķēdītes un lentas savstarpēji sasaista katjoni, reti – molekulārā saite. Ķēdīšu tipa struktūra ir vienkāršām vielām selēnam Se un telūram Te, kas Zemes garozā sastopamas reti, kā arī antimonītam Sb_2S_3 , rutīlam TiO_2 , enstatītam $\text{Mg}[\text{SiO}_3]$ u.c. Lentas tipa struktūra ir amfiboliem, piemēram, ragmānim $\text{NaCa}_2(\text{Mg,Fe})_4(\text{Al,Fe})(\text{OH,F})_2[\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{22}]$ u.c.

1.11.5. Minerāli ar kārtainā tipa struktūru

Par kārtainu struktūru sauc tādu struktūru, kurā pastāv divdimensionālas diskrētas kārtas, ko retāk veido viena elementa atomi, bet biežāk – anjonu poliedri. Kārtainu struktūru var iegūt, ja daudzkārtīgi atspoguļo ķēdīti vai lentu paralēlās simetrijas plāksnēs. Parasti stipra kovalentā saite pastāv starp kārtas veidojošām daļiņām, vai anjonu poliedriem. Kārtas, savukārt, savstarpēji sasaista katjoni (jonu saite) vai arī starp kārtām pastāv molekulārā saite, vai pat atsevišķos gadījumos – metāliskā saite. Kā minerāla piemēru, kura struktūrā pastāv kārtas no viena elementa atomiem, var minēt grafītu, kas veido kārtainu heksagonālo kristālisko režģi. Katrā kārtā oglekļa atomi izvietojušies regulāru sešstūru virsotnēs. Starp vienas kārtas oglekļa atomiem pastāv stipra kovalentā saite. Saite starp oglekļa kārtām ir vāja. Šo saiti var nosaukt par molekulāri – metālisko saiti. Kārtu veidojošo anjonu poliedru forma visbiežāk ir trīsstūris (minerāls sasolīns H_3BO_3) vai tetraedrs (kaolinīts $\text{Al}_4(\text{OH})_8[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$, talks $\text{Mg}_3(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$), retāk – prizma (molibdenīts MoS_2). Molibdenīta struktūra ir tipiski kārtaina. Molibdēna jonu kārtas atrodas starp divām sēra jonu kārtām. Molibdenīta struktūru var iedomāties veidotu no trigonālo prizmu kārtām, kur prizmas centrā atrodas molibdēna jons, virsotnēs – sēra joni.

1.11.6. Minerāli ar karkasa tipa struktūru

Minerālos ar karkasa tipa struktūru saišu izvietojumam starp minerālus veidojošām daļiņām ir trīsdimensionāls raksturs līdzīgi kā tas ir koordinācijas

struktūras tipam. Šādu struktūras tipu var iedomāties kā veidotu no ķēdītēm, tās daudzkārtīgi atspoguļojot divās savstarpēji perpendikulārās plāksnēs. Karkasa tipa struktūru var iedomāties kā veidotu, visbiežāk no tetraedra poliedriem, piemēram, $[\text{SiO}_4]^{4-}$, $[\text{PO}_4]^{3-}$, $[\text{AlO}_4]^{5-}$, $[\text{BO}_4]^{5-}$ vai oktaedriem $[\text{AlF}_6]^{3-}$. Kā minerālu piemērus ar karkasa tipa struktūru var minēt laukšpatus – mikroklīnu un ortoklazu $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$, albītu $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$, anortītu $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$, kā arī feldšpatoīdus – nefelīnu $\text{Na}[\text{AlSiO}_4]$ un leicītu $\text{K}[\text{AlSi}_2\text{O}_6]$.

1.12. Minerālu kristālu simetrija

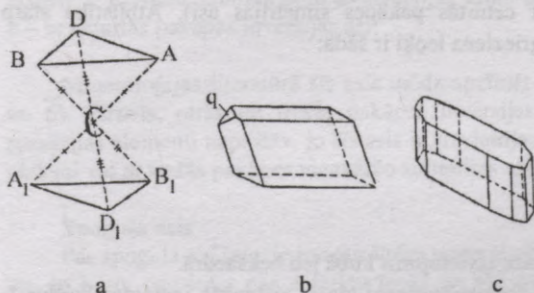
Visu zināmo minerālu kristālu raksturīga īpašība ir simetrija. Ikvienu minerāla kristālu bez atlikuma iespējams sadalīt vienlīdzīgās daļās, kuras simetrisku darbību rezultātā apmaināmas vietām. Savukārt, simetriskas darbības izdarāmas ar simetrijas elementu palīdzību. Minerālu kristālos kā telpiski norobežotos daudzskaldņos ir iespējami piecu veidu simetrijas elementi: 1) simetrijas jeb inversijas centrs; 2) simetrijas asis; 3) simetrijas plāksnes; 4) inversijas asis; 5) spoguļa asis.

Ar simetrijas elementiem iespējams izdarīt šādas simetriskas darbības:

- inversiju simetrijas centrā,
- atspoguļošanu simetrijas plāksnē,
- pagriezienu par racionālu daļu no 360° ap simetrijas asi,
- pagriezienu par racionālu daļu ap inversijas asi,
- pagriezienu par racionālu daļu ap spoguļa asi.

Simetrijas centrs

Par minerālu kristālu simetrijas centru jeb inversijas centru sauc iedomātu punktu minerāla kristālā, no kura pretējās pusēs vienlīdzīgos attālumos atrodas vienādi minerāla kristāla uzbūves elementi (piem., virsotnes, šķautnes, skaldnes utt.) (sk. 77.att.).

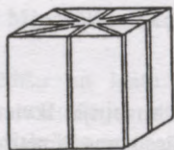


77.attēls. Simetrijas centrs un tā darbības ilustrācija: a – divu trīsstūru apgrieztā paralelitate, ko rada starp tiem atrodošais simetrijas centrs; b – kristāla daudzskaldnis bez simetrijas centra (skaldnei q nav paralēlas un vienādas skaldnes); c – vara vitriola kristāls ar simetrijas centru.

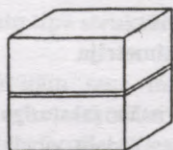
Atspoguļojot simetrijas centrā, notiek minerālu kristālu veidojošo uzbūves elementu apgriešana. Tāpēc simetrijas centru mēdz saukt arī par inversijas centru ("inversija" nozīmē - apgriešana). Inversijas centru apzīmē ar $C, \bar{1}$ jeb C_i .

Simetrijas plāksnes

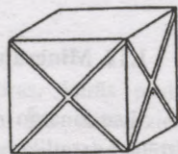
Par simetrijas plāksni sauc iedomātu plāksni, kas novilkta caur minerāla kristāla centru un daļa šo kristālu tā, ka viena daļa ir otras daļas spoguļa attēls (sk. 78.att.).



a



b



c

78.attēls. Simetrijas plāksņu izvietojums kubā jeb heksaedrā: a – četras vertikālas; b – viena horizontāla; c – četras slīpas.

Simetrijas plāksni apzīmē ar P, m , kā arī to apzīmēšanai izmanto arī C un D , attiecīgi papildu pievienojot šiem diviem burtiem pagriešanas indeksus.

Simetrijas assis

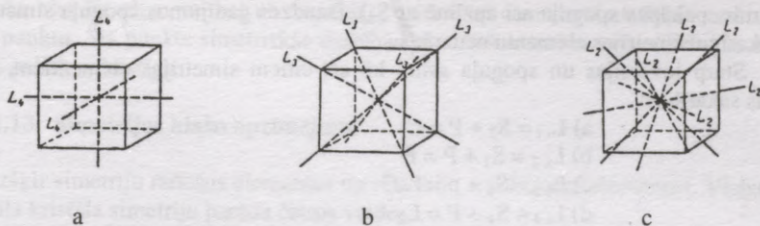
Par simetrijas asi sauc iedomātu līniju minerāla kristālā, kas novilkta caur tā centru un ap kuru, pagriežot par noteiktu leņķi, kristāls savietojas pats ar sevi. Simetrijas asi parasti apzīmē ar L_n , kur n – ass pakāpe, kas rāda cik reizes kristāls savietojas pats ar sevi, izdarot vienu pilnu apgriezianu, t.i., apgriezianu par 360° . Izšķir šādas simetrijas assis: L_1, L_2, L_3, L_4, L_6 . Leņķi, par kādu jāpagriež minerāla kristāls, lai notiktu tā savietošānās pašam ar sevi, sauc par elementāro pagriežiana leņķi un apzīmē ar burtu α .

$\alpha = \frac{360}{n}$, kur n – vesels skaitlis un to sauc par pakāpi, no kuras atvasina ass nosaukumu (piem., L_4 sauc par ceturtais pakāpes simetrijas asi). Atbilstība starp simetrijas asīm un elementāro pagriežiana leņķi ir šāda:

L_1	$\alpha = 360^\circ$
L_2	$\alpha = 180^\circ$
L_3	$\alpha = 120^\circ$
L_4	$\alpha = 90^\circ$
L_6	$\alpha = 60^\circ$

79.attēlā parādīts simetrijas asu izvietojums kubā jeb heksaedrā.

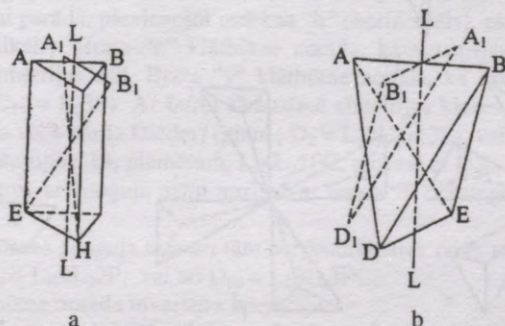
Minerālu kristālu simetrijas asu apzīmēšanai tomēr visbiežāk izmanto skaitļus 1, 2, 3, 4, 6 vai burtus C, D un S ar attiecīgiem indeksiem.



79.attēls. Simetrijas asu izvietojums kubā jeb heksaedrā: a – $3L_4$; b – $4L_3$; c – $6L_2$.

Inversijas asis

Par inversijas asi sauc iedomātu līniju minerāla kristālā, kas novilkta caur tā centru un, ap kuru, pagriežot par noteiktu leņķi un pēc tam, atspoguļojot kristāla centrālā punktā, it kā simetrijas jeb inversijas centrā, kristāls savietojas pats ar sevi. Inversijas asi apzīmē ar $L_{i,n}$, kur n – simetrijas ass kārtā; i – inversija jeb minerāla kristāla uzbūves elementu pārnese caur centrālo punktu. Minerālu kristālos, kuros var konstatēt inversijas asi, nav simetrijas centra. Kā neatkarīgi simetrijas elementi pastāv ceturtais un sestās pakāpes inversijas asis, t.i., $L_{i,4}$ un $L_{i,6}$ (sk. 80.att.).



80.attēls. Kristālu daudzskaldņi ar inversijas asīm: a – ar sestās pakāpes inversijas asi; b – ar ceturtais pakāpes inversijas asi.

Mineraloģijas literatūrā šīs asis mēdz apzīmēt ciparu veidā ar svītriņu (piem., $\bar{4}$ un $\bar{6}$). Pirmās, otrās un trešās pakāpes inversijas asis kā neatkarīgi jeb oriģināli simetrijas elementi nepastāv, jo šīs asis ir aizvietojamas ar simetrijas centru, simetrijas plāksni vai ar trešās pakāpes vienkāršo simetrijas asi.

Spoguļa asis

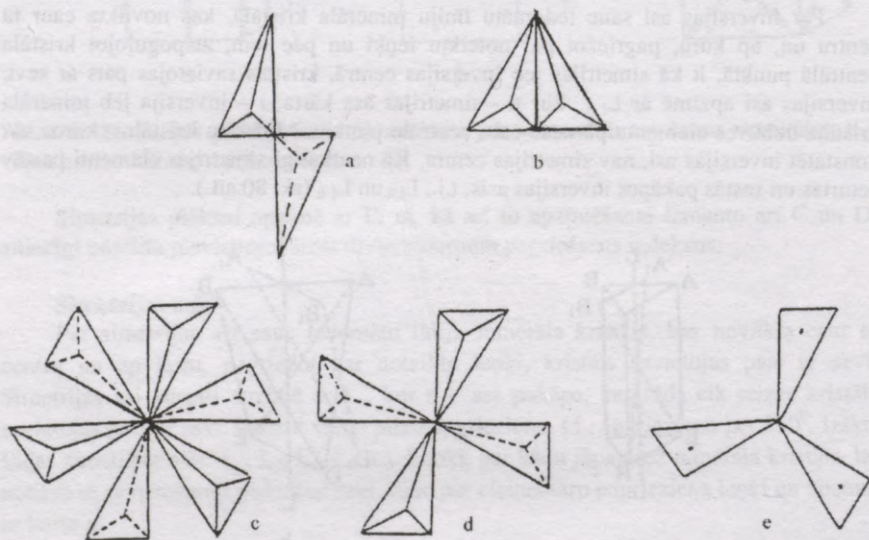
Par spoguļa asi sauc iedomātu līniju minerāla kristālā, kas novilkta caur tā centru un, ap kuru, pagriežot par noteiktu leņķi un pēc tam, atspoguļojot kristāla iedomātā simetrijas plāksnē, kas novilkta caur kristāla centru un izvietota perpendikulāri asij, notiek tā savietošānās pašam ar sevi. Spoguļa asi pieņemts apzīmēt ar burtu S (piem.,

četurtais pakāpes spoguļa asi apzīmē ar S_4). Daudzos gadījumos spoguļa simetriju kā neatkarīgu simetrijas elementu neuzrāda.

Starp inversijas un spoguļa asīm, kā arī citiem simetrijas elementiem, pastāv šādas sakarības:

- a) $L_{i1} = S_2 + P = C$
- b) $L_{i2} = S_1 + P = P$
- c) $L_{i3} = S_6 + p = L_3C$
- d) $L_{i4} = S_4 + P = L_2$
- e) $L_{i6} = S_3 + P = L_3P$

81.attēlā parādītas no vienlīdzīgiem asimetriskiem tetraedriem sastāvošas figūras, kas ilustrē sakarības starp inversijas un spoguļa asīm.



81.attēls. Figūras no vienlīdzīgiem asimetriskiem tetraedriem, kas ilustrē sakarības starp inversijas, spoguļa asīm un citiem simetrijas elementiem.

1.12.1. 32 iespējamo simetrijas elementu kombinācijas jeb minerālu kristālu klases

Kristālos, tai skaitā minerālu kristālu daudzskaldņos (telpiski norobežotās figūrās) iespējami tikai šādi simetrijas elementi: simetrijas jeb inversijas centrs C , simetrijas plāksnes P , simetrijas asis L_1, L_2, L_3, L_4, L_6 un inversijas asis L_{i4} un L_{i6} .

Parasti pirmās pakāpes simetrijas asi L_1 neraksta, jo pilns pagrieziena ap jebkuru līniju, kas novilkta caur figūras (daudzskaldņa) centru savietoj figūru ar sevi. Iepriekš minētie simetrijas elementi var būt kā vienīgi, tā arī tie var veidot savstarpējās kombinācijas. Šīs kombinācijas kopā ir 32 un tās tiek sauktas par minerālu **kristālu simetrijas klasēm** jeb punktveida simetrijas grupām. Par punktveida grupām tās sauc

tāpēc, ka visi šie elementi vai nu krustojas, vai arī iet caur daudzskaldņa centru, t.i., vienu punktu. Šis punkts simetriskas darbības rezultātā nemaina savu atrašanās vietu, t.i., tas paliek nekustīgs.

1.13. Simetrijas klašu apzīmējumi

Izšķir simetriju radošus elementus un simetriju rezultējošus elementus. Visbiežāk minerāla kristāla simetriju parāda četrus veidos:

- 1) pilnās simetrijas elementu formulas veidā;
- 2) pēc A.Šenflisa simbolikas;
- 3) pēc K.H.Hermaņa un Č.Mogena jeb internacionālās simbolikas;
- 4) pēc A. Šubņikova simbolikas.

Internacionālā simbolikā un A.Šenflisa apzīmējumos izmanto tikai simetriju radošos elementus. A.Šubņikova simboliku mineraloģijas literatūrā izmanto retāk.

1.13.1. Apzīmējumi pēc Šenflisa

Simetrijas klases ar vienu simetrijas asi Šenfliss (Frankfurtes matemātikas un kristalogrāfijas profesors) apzīmē ar latīņu burtu C (no latīņu vārda „circulus” – aplis), pierakstot attiecīgu indeksu, kas norāda ass kārtu $C_2 = L_2$, $C_3 = L_3$ utt. Simetrijas plāksnes klātbūtni parāda, pievienojot indeksu “h” (horizontāls), piemēram, $C_{3h} = L_3P$, vai arī “v” (vertikāls). Burta “h” klātbūtne norāda, ka simetrijas plāksne novietota perpendikulāri simetrijas asij. Burta “v” klātbūtne norāda, ka ass atrodas simetrijas plāksnē (piem., $C_{3v} = L_33P$). Ar burtu D apzīmē simetrijas klases, kas satur vairākas simetrijas asis (no vācu vārda Diëder) (piem., $D_2 = L_22L_2 = 3L_2$, vai arī $D_3 = L_33L_2$).

Kristālu klašu tipus, kā, piemēram, L_44L_25PC , apzīmē ar D_{4h} .

Kristālu klases ar spoguļa asīm apzīmē ar burtu “S” (Spiegelaxe) (piem., $S_4 = L_{i4}$).

Simetrijas klases spoguļa asis un tām perpendikulāras otrās pakāpes asis apzīmē ar D_{nd} (piem., $D_{2d} = L_{i4}2L_22P$, vai arī $D_{3d} = L_33L_23PC$).

Burta i klātbūtne norāda inversijas operāciju.

Kubiskās singonijas kristālu klašu apzīmēšanai Šenfliss izmanto burtus T un O, pievienojot attiecīgi indeksus h un d (piem., $T_h = 4L_33L_23PC$).

1.13.2. Apzīmējumi pēc Hermaņa – Mogena

Šajā gadījumā simetrijas asis apzīmē ar skaitļiem, kas atbilst attiecīgās ass pakāpei, plāksnes – ar burtu m. Tā, piemēram, 2 – 2.pakāpes ass, 3 – 3.pakāpes ass utt. Inversijas asis apzīmē ar svītriņu virs attiecīgā cipara. Piemēram, 4 – 4.pakāpes inversijas ass. Klases apzīmē ar dažādu ciparu un burta m kombinācijām, saskaņā ar sekojošiem noteikumiem: 1) ja simetrijas plāksne ir perpendikulāra simetrijas asij, tad starp diviem apzīmējumiem liek dalīšanas zīmi; 2) ja simetrijas plāksne iet caur asi, attiecīgos apzīmējumus raksta blakus.

Piemēram, 2/m – klase ar vienu 2.pakāpes simetrijas asi, plāksni, kas tai perpendikulāra un simetrijas centru.

32 kristālu simetrijas klašu apzīmējumi

Singonija	Klases nosaukums	Pilnā simetrijas elementu formula	Apzīmējumi		
			pēc Šēnflisa	pēc Hermaņa-Mogena	pēc Šubņikova
Triklīnā	1. Monoedriskā (pediālā)	L_1	C_1	$\bar{1}$	$\bar{1}$
	2. Pinakoidālā	C	$C_i = S_2$	$\bar{1}$	$\bar{2}$
Monoklīnā	3. Diedriskā asu	L_2	C_2	2	2
	4. Domatiskā (diedriskā bezasu)	P	C_s	m	m
	5. Prizmatiskā	L_2PC	C_{2h}	2/m	2 : m
Rombiskā	6. Rombo-tetraedriskā (rombodisfenoidālā)	$3L_2$	D_2	222	2 : 2
	7. Rombo-piramidālā	L_22P	C_{2v}	mm2	2.m
	8. Rombo-dipiramidālā	$3L_23PC$	D_{2h}	mmm	m.2:m
Tetragonālā	9. Tetragonāli-piramidālā	L_4	C_4	4	4
	10. Tetragonāli-dipiramidālā	L_4PC	C_{4h}	4/m	4:m
	11. Tetragon.-trapecoedriskā	L_44L_2	D_4	422	4:2
	12. Ditetragon.-piramidālā	L_44P	C_{4v}	4mm	4.m
	13. Ditetragon.-dipiramidālā	L_44L_25PC	D_{4h}	4/mmm	m.4:m
	14. Tetragon.-tetraedriskā	$L_{44} (= L_2)$	S_4	$\bar{4}$	$\bar{4}$
Trigonālā	15. Tetragon.-skalenoedriskā	$L_{44}2L_22P$	D_{2d}	$\bar{4}2m$	$\bar{4}.m$
	16. Trigonāli-piramidālā	L_3	C_3	3	3
	17. Romboedriskā	L_3C	$C_{3i} = S_6$	3	6
	18. Trigonāli-trapecoedriskā	L_33L_2	D_3	32	3:2
	19. Ditrigonāli-piramidālā	L_33P	C_{3v}	3m	3.m
Heksagonālā	20. Ditrigon.-skalenoedriskā	L_33L_23PC	D_{3d}	$\bar{3}m$	$\bar{6}.m$
	21. Heksagon.-piramidālā	L_6	C_6	6	6
	22. Heksagon.-dipiramidālā	L_6PC	C_{6h}	6/m	6:m
	23. Heksagon.-trapecoedr.	L_66L_2	D_6	622	6:2
	24. Diheksagon.-piramidālā	L_66P	C_{6v}	6mm	6.m
	25. Diheksagon.-dipiramid.	L_66L_27PC	D_{6h}	6/mmm	m.6:m
	26. Trigonāli-dipiramidālā	L_3P	C_{3h}	6	3.m
	27. Ditrigonāli-dipiramidālā	L_33L_24P	D_{3h}	$\bar{6}m2$	m.3:m
Kubiskā	28. Tritetraedriskā	$3L_24L_3$	T	23	3/2
	29. Didodekaedriskā	$3L_24L_33PC$	T_h	m3	$\bar{6}/2$
	30. Trioktaedriskā	$3L_44L_36L_2$	O	432	3/4
	31. Heksatetraedriskā	$3L_44L_36P$	T_d	$\bar{4}3m$	3/4
	32. Heksoktaedriskā	$3L_44L_36L_2$ 9PC	O_h	m3m	$\bar{6}/4$

1.13.3. Apzīmējumi pēc Šubņikova

Apzīmējumi, kurus ieteicis A.Šubņikovs, atšķiras no iepriekšējiem ar to, ka ass un plāksnes perpendikularitāte tiek apzīmēta ar dalīšanas zīmi (divi punkti), bet paralelitāte - ar vienu punktu. Piemēram, klasi 2/m (pēc Hermaņa – Mogaena) pēc Šubņikova apzīmē $2 : m$. Daļas svītra apzīmējumos pēc Šubņikova nozīmē, ka ass krustojas slīpā leņķī. Trešās pakāpes inversijas ass Šubņikovs, līdzīgi kā to darījis Šēnfliss, aizstājis ar tām ekvivalentām 6.pakāpes spoguļasīm.

9.tabulā parādīti 32 kristālu simetrijas klašu apzīmējumu veidi.

1.14. Zemes garozas mineralogiskā sastāva izvērtējums no kristalogrāfiskās simetrijas viedokļa

Zemes garoza ir planētas Zeme virsējā kārtā, kuras vidējais biežums ir 33 km. Šī kārtā sastāv no dažādiem dabīgiem cietiem homogēniem ķīmiskiem savienojumiem, ko sauc par minerāliem. Minerāla jēdziens parasti asociējas ar minerāla indivīda jēdzienu. Minerāla indivīds ir fiziski un ķīmiski individualizēta viela, kas radusies Zemes garozā notiekošo ģeokīmisko procesu rezultātā. Ikviens minerāla indivīds ir norobežots no citiem ar sev piemītošo dabiski izveidojušos robežvirsmu. Minerāla indivīds ir ikviens dabīgs kristāls, kas norobežots ar skaldnēm, kā arī ikviens minerāla grauds, kas norobežots no citiem graudiem ar robežvirsmu.

Visus minerāla indivīdus ar vienādu ķīmisko sastāvu un struktūru tipu apvieno minerālu klasē. Pašlaik zināmas ap 3000 minerālu klases. Katrai minerālu klasei ir dots savs nosaukums. Ikdienas darbā minerālu klases jēdziens visbiežāk asociējas ar minerāla jēdzienu. Minerālu klašu procentuālais un skaitliskais sadalījums pa singonijām un kategorijām parādīts 10.tabulā.

10.tabula

Minerālu klašu procentuālais un skaitliskais sadalījums pa singonijām un kategorijām

Singonija	%	Kategorija	%	Minerālu skaits	
				Singonija	Kategorija
Triklīnā	6,6	Zemākā (Z)	59,3	198	1779
Monoklīnā	30,3			909	
Rombiskā	22,4			672	
Trigonālā	10,4	Vidējā (V)	27,9	312	837
Tetragonālā	9,8			294	
Heksagonālā	7,7			231	
Kubiskā	12,8	Augstākā (A)	12,8	384	384
Kopā	100,0		100,0	3000	3000

No tabulas datiem izriet, ka minerālu sadalījuma procentuālā attiecība pa kategorijām ir sekojoša: $Z : V : A = 4 : 2 : 1$

Šī darba mērķis ir aizstāt minerālu klases ar kristalogrāfiskām simetrijas figūrām, kas izveidotas no vienlīdzīgiem asimetriskiem tetraedriem. Par asimetrisku tetraedru sauc telpiski noslēgtu daudzskaldni, ko veido četras dažādmalu trīsstūru skaldnes. Katra asimetriskā tetraedra šķautne ir ar savu atšķirīgu garumu. Lai sasniegtu darba

mērķi, vispirms jāaprēķina cik šādi vienlīdzīgi tetraedri ir nepieciešami 3000 minerālu klašu aizstāšanai ar figūrām, kas izveidotas no asimetriskiem tetraedriem. Šajās figūrās tetraedru skaits var mainīties robežās no 1 līdz 48. Minerālu klasēm ar zemu simetriju atbilstošās figūras sastāv no mazāka daudzuma vienlīdzīgo daļu (tetraedru) nekā figūras, kas aizstāj minerālu klases ar augstu simetriju.

Vispirms īss ieskats metodikā par nepieciešamo tetraedru skaitu noteikšanu tādu figūru izveidošanai ar kristalogrāfisku simetriju, kas ir adekvātas 32 kristālu simetrijas klasēm. Ikvienu kristāla klasi (līdz ar to arī ikvienu minerālu klasi, jo praktiski visi minerāli ir kristāli) var raksturot ar tās simetrijas kārtas lielumu. Simetrijas kārtas lielums jeb vienkārši simetrijas lielums parāda cik simetriski vienlīdzīgās daļās ir sadalāms minerāla kristāls. Simetrijas kārtas lielums faktiski parāda no cik vienlīdzīgām daļām izveidojama figūra (modelis) ar doto kristalogrāfisko simetriju. Kristalogrāfijā kā vienlīdzīgās daļas bieži pieņemts izmantot asimetriskos tetraedrus. Minerālu kristālu simetrijas kārtas lielumu aprēķina pēc formulas:

$$S = 1 + P(p - 1) + Q(q - 1) + R(r - 1),$$

kur S – simetrijas kārtas lielums;

P, Q, R – simetrijas asu skaits, kuru pakāpe ir attiecīgi p, q, r.

Ja minerālu kristālu simetrijas klase satur simetrijas plāksni vai centru, tad iegūtais lielums jāpalielina divas reizes.

11.tabulā parādīti minerālu kristālu simetrijas klašu kārtas lielumi, kā arī to sadalījums pa singonijām un kategorijām.

Asimetrisko tetraedru procentuālais sadalījums pa kategorijām ir šāds:

Zemākā kategorijā (Z) – 8,13 %.

Vidējā kategorijā (V) – 52,10 %.

Augstākā kategorijā (A) – 39,75 %.

Līdz ar to, tetraedru attiecība starp singonijām ir šāda:

Z : V : A = 1 : 6,4 : 4,8

Minerālu klašu analīze, no simetrijas viedokļa, parāda, ka visvairāk Zemes garozā ir atrodami minerāli ar līdzsvarotu simetriju, t.i., to simetrija atbilst attiecīgo singoniju planaksiālā klašu simetrijai, pēc tam seko centrālā, planālā, aksiālā, primitīvā, inversi-planālā un inversi-primitīvā.

11.tabula

Kristālu simetrijas klašu kārtas lielumi, to sadalījums pa singonijām un kategorijām

Kategorija	Singonija	Simetrijas klases			kopā
		nosaukums	pilnā sim.elem. formula (pēc internacionālās simbolikas)	simetrijas lielums	
Zemākā	Triklīnā	Primitīvā	$L_1 (1)$	1	3
		Centrālā	$C (\bar{1})$	2	
	Monoklīnā	Planālā	$P (m)$	2	8
		Aksiālā	$L_2 (2)$	2	
		Planaksiālā	$L_2PC (2/m)$	4	
	Rombiskā	Planālā	$L_2P (mm2)$	4	16
		Aksiālā	$3L_2 (222)$	4	
		Planaksiālā	$3L_23PC (mmm)$	8	

Kategorija	Singonija	Simetrijas klase:				
		nosaukums	pilnā sim.elem. formula (pēc internacionālās simbolikas)	simetrijas lielums	kopā	
Vidējā	Trigonālā	Primitīvā	$L_3 (3)$	3	33	
		Centrālā	$L_3C (\bar{3})$	6		
		Planālā	$L_33P (3m)$	6		
		Aksiālā	$L_33L_2 (32)$	6		
		Planaksiālā	$L_33L_23PC (\bar{3}m)$	12		
	Tetragonālā	Primitīvā	$L_4 (4)$	4	56	
		Centrālā	$L_4PC (4/m)$	8		
		Planālā	$L_44P (4mm)$	8		
		Aksiālā	$L_44L_2 (422)$	8		
		Planaksiālā	$L_44L_25PC (4/mmm)$	16		
		Inversi-primitīvā	$L_{i4} (4)$	4		
	Heksagonālā	Inv. – plan.	$L_{i4}2L_22P (\bar{4}2m)$	8	84	
		Primitīvā	$L_6 (6)$	6		
		Centrālā	$L_6PC (6/m)$	12		
		Planālā	$L_66P (6mm)$	12		
		Aksiālā	$L_66L_2 (622)$	12		
		Planaksiālā	$L_66L_27PC (6/mmm)$	24		
		Inversi-primitīvā	$L_{i6} (6)$	6		
	Inversi-planālā	$L_{i6}3L_23P=L_33L_24P (\bar{6}m2)$	12			
	Augstākā	Kubiskā	Primitīvā	$3L_24L_3 (23)$	12	132
			Centrālā	$3L_24L_33PC (m\bar{3})$	24	
Planālā			$3L_24L_36P (\bar{4}3m)$	24		
Aksiālā			$3L_44L_36L_2 (432)$	24		
Planaksiālā			$3L_44L_36L_29PC (m\bar{3}m)$	48		
Kopā:				332	332	

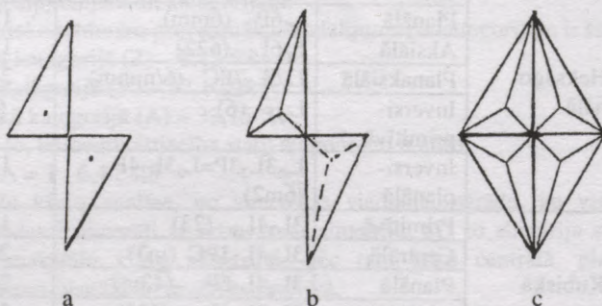
12.tabulā parādīts minerālu klašu procentuālais sadalījums pa singonijām.

12.tabulā apkopotie dati parāda, ka Zemes garozā visizplatītākās ir minerālu klases, kuras vienādā daudzumā satur gan labās, gan kreisās daļas jeb minerālos vienādā daudzumā ir pārstāvēti gan "priekšmeti" (labās daļas), gan to "spoguļa attēli" (kreisās daļas), gan arī labās daļas un inversi apgrieztas kreisās daļas. Šādos minerālos bez simetrijas asīm vienlaicīgi ir atrodamas spoguļa plāksnes un simetrijas centrs, vai tikai plāksnes bez centra, vai arī simetrijas centrs bez plāksnēm. Šādu līdzsvarotu minerālu kopskaits sastāda 90,7 %.

Minerālu klašu sadalījums (%) pa singonijām un simetrijas klašu grupām

Simetri- jas klases	Singonijas						
	triklīnā un monoklīnā	rombiskā	trigonālā	tetra- gonālā	heksa- gonālā	kubiskā	rindas summa, %
Primitīvā	1,2	-	0,5	0,1	0,5	0,5	2,8
Centrālā	5,6	-	2,1	1,6	1,9	2,1	13,3
Planālā	2,0	2,7	1,6	0,1	1,0	2,2	9,6
Aksiālā	1,6	2,4	0,8	0,7	0,6	0,2	6,3
Planak- siālā	26,4	17,2	5,4	5,7	3,3	8,0	66,0
Inversi- primitīvā	-	-	-	0,2	-	-	0,2
Inversi- planālā	-	-	-	1,3	0,5	-	1,8
-	Kopā:						100,0

82.attēlā parādītas triju veidu ģeometriskās figūras, kas izveidotas no asimetriskiem tetraedriem.



2.attēls. Ģeometriskas figūras no asimetriskiem tetraedriem ar kristalogrāfisko simetriju: a – figūra satur simetrijas plāksni P un centru C (simetrijas formula L_2PC), punkts tetraedra iekšpusē nozīmē, ka viena tetraedra virsotne vērsta uz skatītāju, otra – uz pretējo pusi; b – figūra satur tikai simetrijas centru C; c – figūra satur tikai divas simetrijas plāksnes (simetrijas formula L_22P).

Tā kā minerālu pasaulē ievērojamā pārākumā ir pārstāvētas minerālu klases ar līdzsvarotu simetriju (90,7 %), tad tālākos aprēķinos izmantoti singoniju holodrisko (tulkojumā no grieķu val. – pilnskaldņu) klašu simetrijas kārtas lielumi.

13.tabulā parādīti singoniju holodrisko klašu simetrijas kārtas skaitliskie lielumi un tetraedru skaits, kas nepieciešams, lai ikvienu no 3000 minerālu klasēm aizstātu ar kristalogrāfiskās simetrijas ģeometriskām figūrām, kas izveidotas no vienlīdzīgiem asimetriskiem tetraedriem.

Singoniju holodrisko klašu simetrijas kārtas skaitliskie lielumi un vienlīdzīgo asimetrisko tetraedru skaits, kas nepieciešams, lai ikvienu no 3000 minerālu klasēm aizstātu ar kristalogrāfiskās simetrijas ģeometriskām figūrām

Singonija	Holoedriskās klases simetr. kārtas lielums	Minerālu klašu skaits	Nepieciešamo vienlīdzīgo asimetrisko tetraedru skaita sadalījums	
			singonijās	kategorijās
Triklīnā	2	198	396	9408 (Z)
Monoklīnā	4	909	3636	
Rombiskā	8	672	5376	
Trigonālā	12	312	3744	13992 (V)
Tetragonālā	16	294	4704	
Heksagonālā	24	231	5544	
Kubiskā	48	384	18432	18432 (A)
Kopā:	114	3000	41832	41832

Ir aptuveni aprēķināts, ka silikātu, fosfātu, borātu, sulfātu u.c. minerālu daudzums, kuru simetrija ir zema, t.i., kas kristalizējas triklīnās, monoklīnās un rombiskās singonijās jeb zemākā kategorijā, pēc savas masas sastāda 92% no kopējās Zemes garozas masas. Oksīdu, karbonātu u.c. daudzums, kas kristalizējas trigonālā, tetragonālā un heksagonālā singonijā jeb vidējā kategorijā, masa sastāda 7%. Tīrradņu sulfīdu u.c., kas kristalizējas kubiskā singonijā jeb augstākā kategorijā, masa sastāda 1%. Kopējo minerālu klašu masas daudzumu Zemes garozā pieņem par 100%. Zinām, ka 3000 minerālu klašu aizstāšanai ar kristalogrāfiskās simetrijas ģeometriskām figūrām, kā arī to izveidošanai nepieciešami 41832 tetraedri. Var aprēķināt vienā tetraedrā ietilpstošo vidējo masu, %: $100 : 41832 = 0,00239\%$

Ņemot vērā, ka zemākās kategorijas 9408 tetraedros ietilpst 92% no kopējās Zemes garozas masas, var aprēķināt zemākās kategorijas viena tetraedra masu, %:

$$92 : 9408 = 0,00978\%$$

Vidējās kategorijas 13992 tetraedros ietilpst 7% no kopējās Zemes garozas masas. Viena tetraedra masa, %:

$$7 : 13992 = 0,00050\%$$

Augstākās kategorijas 18432 tetraedros ietilpst 1% no kopējās Zemes garozas masas un, tātad viena tetraedra masa, %:

$$1 : 18432 = 0,00005\%$$

No šiem aprēķiniem izriet, ka zemākās kategorijas tetraedri, kas pēc lieluma un formas ir vienlīdzīgi ar vidējās un augstākās kategorijas tetraedriem, ir 19,56 reizes smagāki par vidējās kategorijas tetraedriem un 195,6 reizes smagāki par augstākās kategorijas tetraedriem.

Lai aprēķinātu viena asimetriskā tetraedra vidējo masu gramos, nepieciešams izdalīt Zemes garozas masu, kas ir $0,024 \cdot 10^{27}$ g jeb $240000 \cdot 10^{20}$ g, ar 41832, t.i., kopējo asimetrisko tetraedru skaitu, kas nepieciešami 3000 ģeometrisko figūru izveidošanai ar kristalogrāfisko simetriju (minerālu klašu aizstājēju figūru izveidošanai). Izdarot matemātisko darbību, iegūst sekojošu rezultātu:

$$240000 \cdot 10^{20} : 41832 = 5,737 \cdot 10^{20} \text{ g}$$

Tātad, viena tetraedra vidējā masa ir $5,737 \cdot 10^{20}$ g jeb $5,737 \cdot 10^{14}$ tonnas.

2. SISTEMĀTISKĀ MINERALOGIJA

Pašlaik zināmas ap 4200 minerālu klases (tai skaitā 3000 biežāk sastopamās minerālu klases). Precīzi nosaukt minerālu klašu skaitu praktiski ir neiespējami divu iemeslu dēļ:

- 1) minerālu klašu skaits ir atkarīgs no tā, ko saprot ar jēdzienu "minerālu klase";
- 2) šis skaitlis nepārtraukti pieaug, jo katru gadu tiek atklātas vairākas jaunas minerālu klases un, savukārt, dažas kļūdaini atklātas minerālu klases tiek svītrotas no minerālu saraksta.

2.1. Minerālu klasifikācija

Minerālu sistemātiskai pētniecībai nepieciešams tos klasificēt. Jebkuras klasifikācijas mērķis ir sagrupēt objektus (priekšmetus) pēc to īpašību līdzības, vai arī atdalīt tos pēc īpašību nevienlīdzības un rezultātā sakārtot tos noteiktā kārtībā, tādējādi, atvieglotot to apzināšanu.

Mineraloģijas kā zinātnes sākotnējā tapšanas periodā (1750-1850) minerālu klasifikācijai izmantoja dažādas īpašības - gan ķīmiskas, gan fizikālas. Pirmo minerālu klasifikāciju pamatā bija minerālu ārējās pazīmes, piemēram, minerālu kristālu forma un leņķi starp skaldnēm un fizikālās īpašības, piemēram, blīvums, cietība, krāsa, gaismas laušanas spēja u.c. Šīs klasifikācijas izveidošanā lieli nopelni ir vācu mineralogam A.Verneram un austriešu mineralogam F.Moosam.

19.gs. plašu atzinību ieguva klasifikācijas sistēma, kas balstījās uz ķīmisko sastāvu. Šo sistēmu izstrādāja zviedru ķīmiķis J.Berzelius un amerikāņu mineralogs Dž.Dena. Sākotnēji minerālus klasificēja pēc to galvenām sastāvdaļām, bet vēlāk - no ķīmiskā savienojuma viedokļa, t.i., minerālus pielīdzināja ķīmiskiem savienojumiem (P.Grots, V.Vernadskis, A.Boldirevs u.c.). Šai klasifikācijai mineraloģijas attīstībā bija ļoti nozīmīga loma, jo ķīmiskais sastāvs ir minerāla būtiskākais raksturojums un saglabājis savu nozīmi vēl līdz mūsdienām.

Paralēli minerālu klasifikācijai pēc ķīmiskā sastāva attīstījās un pilnveidojās minerālu klasifikācijas kristalogrāfiskais novirziens, kurā tika akcentēta minerāla kristāla forma un simetrija. Kristalogrāfiskās klasifikācijas nepilnība ir tā, ka pēc sastāva un īpašībām dažādi minerāli tiek pielīdzināti viens otram, piemēram, halīts NaCl un galenīts PbS.

Pastāv arī minerālu ģenētiskā klasifikācija, kas joprojām attīstās.

Mūsdienās klasifikācijas pamatā ir kristālķīmiskais princips, kur klasifikācijas vienība ir minerāla klase. Minerāla klase apvieno vienāda ķīmiskā sastāva (sastāva mainība var būt nelielās dabiskās robežās) un struktūras tipa minerālus. Kristālķīmiskās minerālu klasifikācijas pirmsākumi ir datējami ar 20. gs. 20.-30. gadiem, kad tika atšifrētas pirmās minerālu struktūras, tai skaitā arī silikātu struktūras. It sevišķi pirmo silikātu struktūru atšifrēšana deva impulsu V.Bregam un V.Goldšmitam noformulēt minerālu klasifikācijas kristālķīmisko principu. Šo principu Krievijā savos darbos attīstīja V.Soboļevs, D.Grīgorjevs, N.Belovs, A.Povarenihš u.c., K.Frondelis u.c. ASV, H.Štruncs Vācijā, I.Kostovs Bulgārijā, kā arī vēl daudzi citi mineraloģi un kristalogrāfi.

2.1.1. H.Štrunca minerālu klasifikācijas princips

No ķīmiskā sastāva viedokļa, minerālus iedala elementos, sulfīdos, halogenīdos un skābekli saturošos savienojumos. Elementi, sulfīdi un halogenīdi katrs atsevišķi veido vienu klasi. Līdz ar to, tiek izveidotas trīs klases I, II un III. Skābekli saturošie savienojumi skaitliskā ziņā ir ļoti daudz. Tāpēc tie pēc kristalogrāfiskām pazīmēm tiek sadalīti vairākās klasēs. Izejot no kristālķīmiskiem apsvērumiem, halogenīdiem tuvi ir oksīdi bez kompleksiem anjoniem un hidroksīdi. Šie savienojumi veido ceturto klasi. V klasē ir iekļauti savienojumi ar anjonu grupām $[RO_3]$, kuru konfigurācija atbilst trīsstūrim. Šo klasi veido nitrāti $[NO_3]^-$, karbonāti $[CO_3]^{2-}$ un borāti $[BO_3]^{3-}$. Dažiem borātiem anjonu daļā var būt tetraedriskā grupa $[RO_4]$, un šie borāti ierindojas no VI – VIII klasē. VI klasi veido sulfāti, VII – fosfāti, VIII – silikāti. Pieaugot klases numerācijai, samazinās centrālā atoma valence no +6 līdz +4. Savukārt, klases ietvaros minerāli tiek sagrupēti noteiktā secībā.

I klases minerālus iedala metālos, metalloīdos un nemetālos. Attiecīgi II – IV klases minerāli tiek sarindoti katjona (metāla) satura samazināšanās secībā attiecīgā savienojumā – metāls : sērs, metāls : halogēns, metāls : skābeklis. V klasē minerāli tiek ierindoti sekojošā secībā: nitrāti, karbonāti, borāti, t.i., centrālā atoma valences samazināšanās secībā no +5 (N) līdz +3 (B). VI un VII klasēs sulfātu un fosfātu minerāli, atkarībā no anjona sastāva vai arī H_2O klātienes tajos, sarindoti secībā no vienkāršākā sastāva uz sarežģītāko, piemēram, $LiFe[PO_4]$, $Ca_5[F(PO_4)_3]$, $Fe_3[PO_4]_2 \cdot 8H_2O$, $Fe_4[OH(PO_4)_3] \cdot 12H_2O$. VIII klasē iekļauti silikāti, t.i., minerāli, kuru anjonu daļā ir $[SiO_4]$ grupas. Atkarībā no anjona daļas uzbūves jeb konfigurācijas, izšķir septiņus silikātu tipus:

- 1) silikāti ar izolētām $[SiO_4]$ grupām jeb nesosilikāti (no grieķu val. “nesos” – sala);
- 2) silikāti ar izolētām $[SiO_4]$ grupām un papildu anjoniem jeb nesosubsilikāti;
- 3) silikāti ar izolētām $[Si_2O_7]$ grupām jeb sorosilikāti (no grieķu val. “soros” – grupa);
- 4) silikāti ar izolētām gredzenveida $[Si_3O_9]$, $[Si_4O_{12}]$, $[Si_6O_{18}]$, $[Si_{12}O_{36}]$ grupām jeb ciklosilikāti (no grieķu val. “ciklos” – gredzens);

Šo četru tipu silikātus mēdz saukt arī par saliņu tipa silikātiem, jo visas minētās silīcija – skābekļa grupas ir ar negatīvo lādiņu, t.i., anjonus minerālu struktūrās savstarpēji sasaista pozitīvi lādētās daļiņas – katjoni. Tēlaini izsakoties – šīs grupas ir “saliņas” starp katjoniem jeb it kā katjonu “ūdeni”.

- 5) ķēdīšu un lentu silikāti jeb inosilikāti (no grieķu val. “ino” – diegs, ķēdīte), ķēdītēm un lentām ir viendimensionāla orientācija, ķēdīšu uzbūvē piedalās grupas $[SiO_3]$, $[Si_2O_6]$, $[Si_3O_9]$, $[Si_5O_{15}]$, bet lentas – $[Si_4O_{11}]$, $[Si_6O_{17}]$ u.c. Jāatzīmē, ka silikātus, kuru anjonu daļa sastāv no lentām, daudzos gadījumos mēdz izdalīt arī kā suverēnu struktūras tipu.
- 6) kārtainie silikāti jeb filosilikāti (no grieķu val. “filos” – lapa), ko veido tetraedru grupas $[Si_4O_{10}]$, $[AlSi_3O_{10}]$ u.c.;
- 7) karkasa silikāti jeb tektosilikāti (no grieķu val. “tektos” – karkass), ko veido tetraedru grupas $[AlSi_3O_8]$, $[AlSiO_4]$, $[AlSi_2O_6]$, $[Al_2Si_3O_{10}]$ u.c.

Minēto klašu ietvaros vispirms tiek parādītas izostrukturālo un izomorfo minerālu rindas, savukārt rindās minerāli sakārtoti metālu, t.i., katjonu rādiusa samazināšanās secībā.

Daži dabiskie neorganiskie nekristāliskie savienojumi, piemēram, dzīvsudrabs, opāls, kā arī organiskie gan kristāliskie, gan amorfie savienojumi, piemēram, dzintars, piķis (tie neatbilst minerāla jēdziena definīcijai) tiek iedalīti 9. klasē.

Tādējādi, pēc H.Štrunca klasifikācijas visus minerālus iedala 9 klasēs:

I - elementi,

II - sulfīdi,

III - halogenīdi,

IV - oksīdi,

V - nitrāti, karbonāti, borāti,

VI - sulfāti, hromāti, volframāti,

VII - fosfāti, arsenāti, vanadāti,

VIII - silikāti,

IX - organiskās vielas.

2.1.2. E.Lazarenko minerālu klasifikācijas princips

E.Lazarenko minerālu klasifikācijas pamatā arī ir kristālķīmiskais princips. Pēc šīs klasifikācijas minerāli tiek sagrupēti:

1. Pēc ķīmiskā sastāva analogijas.

2. Pēc ķīmiskās saites rakstura starp struktūru veidojošām daļiņām.

3. Pēc struktūru veidojošo daļiņu koordinācijas.

4. Pēc struktūras tipa.

5. Pēc struktūru veidojošām diskrētām grupām jeb motīviem.

Ievērojot šos minētos kritērijus, minerālu klases sadala piecos tipos:

1. Vienkāršās vielas.

2. Sulfīdi un to analogi.

3. Skābekli saturošie savienojumi.

4. Halogenīdi.

5. Organiskie minerāli.

Katrā no šiem tipiņiem pārsvarā ir viens no ķīmiskās saites veidiem:

1) vienkāršām vielām visbiežāk ir metāliskā saite, atsevišķos gadījumos – kovalentā vai molekulārā saite;

2) sulfīdiem – kovalentā un jauktā kovalentā jonu saite;

3) skābekli saturošiem savienojumiem un halogenīdiem raksturīga jonu saite;

4) organiskiem minerāliem – molekulārā saite jeb van der Vālsa saite.

Tipa robežās minerālu klases pēc to struktūru veidojošo daļiņu savstarpējā telpiskā izvietojuma, kā arī anjonu uzbūves, savukārt, iedala piecos struktūras tipos: 1) koordinācijas; 2) karkasa; 3) saliņu (gredzenu); 4) ķēdīšu (lentu); 5) kārtainos.

Pēc E.Lazarenko klasifikācijas katrā minerālu tipā izšķir vairākus apakštipus:

I Vienkāršās vielas:

1. Tīrradņi metāli.

2. Tīrradņi metaloīdi.

3. Tīrradņi nemetāli.

II Sulfīdi un tiem tuvi minerāli:

1. Sulfīdi un to analogi.
2. Persulfīdi un to analogi.
3. Sulfosāji.
4. Telurīdi.

III Skābekli saturoši savienojumi:

1. Oksīdi un hidroksīdi.
2. Silikāti.
3. Borāti.
4. Fosfāti un to analogi.
5. Karbonāti.
6. Volframāti un molibdāti.
7. Hromāti.
8. Sulfāti.
9. Nitrāti.

IV Halogenīdi:

1. Fluorīdi.
2. Hlorīdi.
3. Bromīdi un jodīdi.

V Minerāli organiskie savienojumi:

1. Organiskie savienojumi.

2.2. Minerālu nosaukumi

Dažu minerālu nosaukumi ir tik seni, ka to izcelsmi grūti noskaidrot. Mūsu ēras 1.gs. Plīnijs Vecākais sastādīja dabisko tīrā veidā viegli iegūstamo elementu sarakstu, kurā tika ietverti arī daudzi visparastākie rūdu minerāli un dārgakmeņi. 18.gs. otrajā pusē sākās strauja mineraloģijas attīstība un izveidojās vairākas konkurējošas minerālu nomenklatūras sistēmas. K.Linnejs (1707.-1778.) piemēroja savu augiem un dzīvniekiem izveidoto dubulto nomenklatūras shēmu arī minerāliem. Dž.Dena attīstīja tālāk šo shēmu "Mineraloģijas sistēmas" pirmajā (1837) un otrajā (1844) izdevumā. Saskaņā ar šo nomenklatūru, suga Baralus ietver sevī B. ponderosus (smagais barīts), B. prismaticus (prizmatiskais celestīns), B. fusiles (kušņu viterīts) un B. rubefaciens (sarkanliesmainais stroncianīts). Tomēr "Mineraloģijas sistēmas" trešajā izdevumā (1850) Dž.Dena vairs nelieto dubulto nomenklatūru un ikviens minerāls tiek nosaukts vienā vārdā, kā jau tas tolaik tika darīts Eiropā. Minerālu nosaukumu izvēlē nav nekādu ierobežojumu un pastāv pilnīga brīvība. Vienīgais nosacījums ir tas, ka minerāla nosaukumam jābeidzas ar izskaņu "-it". Liela daļa nosaukumu veidoti no grieķu valodas vārdiem.

Dažu minerālu nosaukumi lietoti jau senajos laikos (piem., dimants, kvarcs, ģipsis). Daudzi minerāli ir vai nu nosaukti par godu izcilām personām (piem., vernerīts, hausmanīts), vai arī nosaukumi ņemti no mitoloģijas (neptunīts, tantalīts). Bieži minerāli nosaukti apvidus vārdos, kuros tie atrasti (aragonīts, vezuviāns). Daži minerāli savu nosaukumu ieguvuši pēc to kristālu apveida (skapolīts - no grieķu vārda "skapos" - stienis, "litos" - akmens; aksinīts - no grieķu vārda "aksine" - cirvis). Daži nosaukumi norāda uz minerāla ķīmisko sastāvu vai citu raksturīgu īpašību (sodalīts,

manganīts, torīts). Atsevišķi nosaukumi norāda minerāla agregāta raksturojumu (astrofilīts grieķu vārds "astron" - zvaigzne, "filon" - lapa). Ir zināmi minerāli, kas nosaukti pēc tiem piemītošām fizikālām īpašībām. Tā piemēram, pēc skaldnības (minerāls anortīts no grieķu vārda "an" - nē, "ortos" - taisns un plagioklāzs no grieķu vārda "plagios" - slīps, "klasis" - lūzums), pēc krāsas (rutilis no latīņu vārda "rutilos" - sarkanīgs). Ir arī gadījumi, ka vienam un tam pašam minerālam ir vairāki nosaukumi - sinonīmi. Šādu sinonīmu ir nedaudz.

14.tabula

Dažu minerālu nosaukumi

Nosaukuma izcelsme	Minerāla nosaukums	Formula
Pēc fizikālām īpašībām	Aktinolīts (no grieķu val.) - zaļgojošais akmens	$\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5(\text{OH})_2[\text{Si}_8\text{O}_{22}]$
	Leicīts (no grieķu val.) - baltais	$\text{K}[\text{AlSi}_2\text{O}_6]$
	Ortoklāzs (no grieķu val.) - ar taisnu skaldnību	$\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$
Pēc ķīmiskā sastāva	Barīts	$\text{Ba}[\text{SO}_4]$
	Boronatrokalcīts	$\text{NaCa}[\text{B}_3\text{B}_2\text{O}_7(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
	Kalcīts	$\text{Ca}[\text{CO}_3]$
	Kuprīts	Cu_2O
Pēc ģeogrāfiskās izcelsmes	Andaluzīts (provincas nosaukums Spānijā)	$\text{AlAlO}[\text{SiO}_4]$
	Ilmenīts (Ilmeņa kalni Urālos)	FeTiO_3
	Muskovīts (Krievijā sens nosaukums - Moskovija)	$\text{KAl}_2(\text{OH})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$
Pēc zinātnieku vai citu ievērojamo personu vārdiem	Vernadīts (par godu akadēmiķim V.Vernadskim)	$\text{MnO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
	Gefīts (par godu Johanam Volfgangam Gētem)	$\text{FeO}(\text{OH})$
	Lomonosovīts (par godu M.Lomonosovam)	$\text{Na}_2\text{TiO}[\text{Si,PO}_4]$
Nosaukumi, kuri tiešo nozīmi zaudējuši	Ametists (no grieķu val.) - skaidrais	SiO_2
	Apatīts (no grieķu val.) - mānīgais	$\text{Ca}_2\text{Ca}_3(\text{Cl,F,OH})[\text{PO}_4]_3$
	Pioksēns (no grieķu val.) - neradniecīgs ugunij	$(\text{Mg,Fe})_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$

2.3. Minerālu paveidi

Daudziem minerāliem blakus pastāv arī to paveidi. Par **paveidiem** sauc attiecīgas klases mainīga sastāva minerālus. Piemēram, minerālam olivīnam $(\text{Mg,Fe})_2[\text{SiO}_4]$ eksistē divi paveidi forsterīts $\text{Mg}_2[\text{SiO}_4]$ un fajalīts $\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]$.

Vienai minerālu klasei piederošie indivīdi var atšķirties viens no otra arī fizisko, ķīmisko un morfoloģisko īpašību ziņā. Šādus indivīdus sauc par minerāliem **savdabjiem**. Minerāli savdabji ieguvuši savu nosaukumu, kas norāda to atšķirīgās pazīmes no attiecīgās klases pamatminerāla. Piemēram, minerāla kvarca SiO_2 klase apvieno dažādus kvarca kristālus – caurspīdīgos, mazcaurspīdīgos un necaurspīdīgos. Savukārt, caurspīdīgais kvarcs var būt bezkrāsains (kalnu kristāls), violets (ametists), dzeltens (citrīns), dūmakains (rauhtopāzs). Pie mazcaurspīdīgiem kvarca kristāliem pieskaita melno morionu, rozā kvarcu un pienaino kvarcu. Necaurspīdīgi ir dzelzi saturošie kvarca kristāli. Pazīstams ir arī slēpti kristāliskais šķiedrainais kvarcs – halcedons. Līdzīgi minerālu savdabji sastopami arī citās klasēs. Kā piemēru var minēt hromu saturošo muskovītu $\text{KAl}_2(\text{OH})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$, ko sauc par fuksītu, smalkkristālisko muskovītu – par sericītu. Tā vanādiiju saturošo diopsīdu $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ sauc par lavrovītu, slēpti kristālisko sfalerītu ZnS – par brunkītu, zemjaino malahītu $\text{Cu}(\text{OH})_2\text{CuCO}_3$ – par vara zaļumu.

2.4. Nozīmīgākās minerālu kristālu struktūras

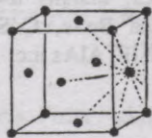
Minerālu klases, no struktūras viedokļa, kā jau minēts iepriekš, tiek iedalītas 6 tipos. Šāds iedalījums pamatojas uz minerālu kristālu veidojošo daļiņu savstarpējā izvietojuma vispārīgo raksturu. Ja daļiņas struktūrā izvietotas vienmērīgi ar vienādu ķīmisko saiti starp tām, tad daļiņu telpiskais izvietojums tiek saukts par koordinācijas struktūru. Šai struktūrai tuvu stāvoša ir karkasa tipa struktūra. Pārējos četros tipos – saliņu, gredzena, ķēdītšu (lentu) un kārtainās minerālu struktūrās – pastāv diskretas daļiņu grupas jeb kompleksi, kā arī ķīmiskās saites dažādība.

Tāpēc pirms minerālu klases apraksta pēc vispārīgā struktūras tipu iedalījuma, nepieciešams vēl iepazīties ar dažām konkrētām struktūrām. Priekšstata iegūšana par izplatītāko un, tātad, arī nozīmīgāko minerālu struktūrām ļauj labāk izprast minerālu klasifikāciju un to ķīmisko formulu rakstību, kuras pamatā ir kristālķīmiskais princips.

Minerāla kristālķīmiskā formula no minerāla parastās ķīmiskās formulas, kurā ir parādītas tikai stehiometriskās attiecības starp savienojumus veidojošiem elementiem atšķiras ar to, ka pēc šīs formulas var vienlaicīgi spriest par minerāla sastāvu un struktūru. Tādējādi, jau no formulas var prognozēt minerāla īpašības (kristālķīmija ir zinātne par likumsakarībām starp vielas ķīmisko sastāvu, struktūru un īpašībām).

2.4.1. Elementi jeb vienkāršās vielas

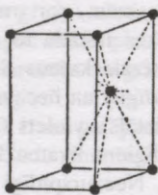
Varš Cu Simetrija O_h – $m\bar{3}m$ ($3L_44L_36L_29PC$). Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 4$. Vara struktūra atbilst kubiskajam lodīšu blīvajam sakārtojumam.



83.attēls. Vara struktūras elementāršūna.

Vara atomu koordinācijas skaitlis ir 12, vara atomi izvietojušies kuba virsotnēs un skaldņu viduspunktos (sk. 83.att.). Vara struktūras tipu veido sekojoši minerāli: varš Cu, sudrabs Ag, zelts Au, palādijs Pd, irīdijs Ir, platīns Pt, elektrums Au, Ag, svins Pb, kā arī elementi α -Ca, Sr, Al, Yb, γ -Fe, Th, β -Co, β -Ni u.c.

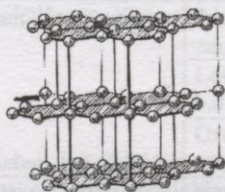
Cinks Zn Simetrija $D_{6h} - 6/mmm$ (L_66L_27PC). Formulas vienību skaits



elementāršūnā $Z = 2$. Cinka struktūra atbilst heksagonālajam lodīšu blīvajam sakārtojumam. Cinka koordinācijas skaitlis ir 12. Cinka struktūras tipu veido sekojoši savienojumi: magnijs Mg, cinks Zn, kadmiji Cd, tallijs α -Tl, skandijs α -Sc, itrijs Y, lantāns α -La, cērijs α -Ce, titāns α -Ti, cirkonijs α -Zr, hafnijs Hf, kobalts α -Co, niķelis α -Ni.

84.attēls. Cinka elementāršūna.

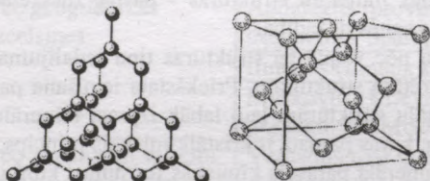
Grafīts C Simetrija $D_{6h} - 6/mmm$ (L_66L_27PC). Formulas vienību skaits



elementāršūnā $Z = 4$. Grafīta struktūra atbilst heksagonālajam lodīšu blīvajam sakārtojumam. Citi savienojumi ar grafīta struktūru nav zināmi, grafīta struktūras tipam līdzīgs ir tikai bornitrīds BN.

85.attēls. Grafīta α -C struktūra.

Dimants C Simetrija $O_h - m3m$ ($3L_44L_36L_29PC$). Formulas vienību skaits



a

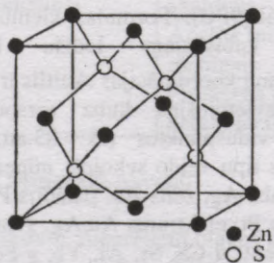
b

elementāršūnā $Z = 8$. Dimants ir kubisks. Dimanta struktūras tipā pazīstami: dimants β -C, silīcijs Si, germānijs Ge, alva α -Sn, kā arī borazons β -BN.

86.attēls. Dimanta struktūra: a – atomu izvietojuma motīvs; b – elementāršūna.

2.4.2. Sulfīdi

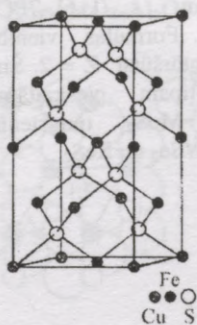
Sfalerīts ZnS Simetrija $T_d - \bar{4}3m$ ($3L_24L_36P$). Sfalerīts ir kubisks. Formulas



vienību skaits elementāršūnā $Z = 4$. Šajā struktūras tipā pazīstami: sfalerīts α -ZnS, holiīts α -CdS, metacinabarīts HgS, štileīts ZnSe, timanīts HgSe, nantokīts CuCl, maršīts α -CuJ, tādi savienojumi kā BeSe, CdSe, BeTe, ZnTe, CdTe, AlP, AlAs u.c.

87.attēls. Sfalerīta ZnS struktūra.

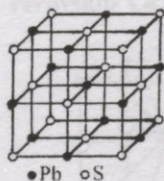
Halkopirīts CuFeS_2 Simetrija $D_{2d} - \bar{4}2m$ ($L_4 2L_2 2P$). Tetragonāls. Formulas



vienību skaits elementāršūnā $Z = 4$. Šajā struktūras tipā pazīstami: halkopirīts CuFeS_2 , gallīts CuGaS_2 , kesterīts $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ un stannīts $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$.

88.attēls. Halkopirīta CuFeS_2 struktūra.

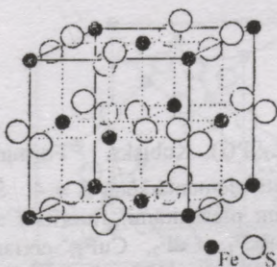
Galenīts PbS Simetrija $O_h - m\bar{3}m$ ($3L_4 4L_3 6L_2 9PC$). Kubisks. Formulas



89.attēls. Galenīta PbS struktūra.

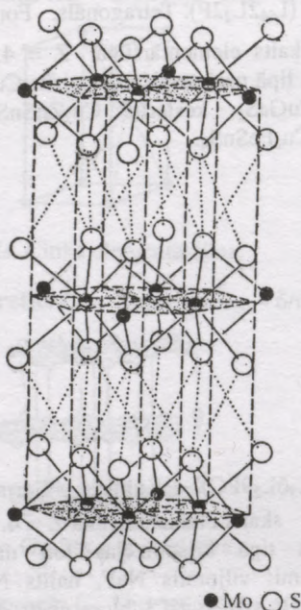
vienību skaits elementāršūnā $Z = 4$. Šajā struktūras tipā kristalizējas ļoti daudzi savienojumi: viljomīts NaF , halīts NaCl , karobīts KF , silvīns KCl , hlorargirīts AgCl , bromargirīts AgBr , periklāzs MgO , vjustīts FeO , bunzenīts NiO , manganozīts MnO , monteponīts CdO , kalcoksīds CaO , oldgamīts CaS , galenīts PbS , klaustalīts PbSe , altaīts PbTe , osbornīts TiN , mērdokīts PbCu_6O_8 u.c.

Pirīts FeS_2 Simetrija $T_h - m\bar{3}$ ($3L_2 4L_3 3PC$). Kubisks. Formulas vienību



skaitis elementāršūnā $Z = 4$. Šim struktūras tipam pieskaitāmi: gauerīts MnS_2 , pirīts PbS_2 , katjerīts CoS_2 , trogtalīts CoSe_2 , kobaltīns CoAsS , vaesīts NiS_2 , hersdorfs NiAsS , laurīts RuS_2 , mičnerīts PdBi_2 , sperilīts PtAs_2 , geversīts PtSb_2 , aurostibīts AuSb_2 u.c.

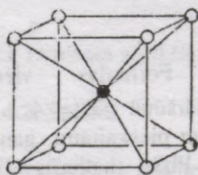
90.attēls. Pirīta FeS_2 struktūra.



91.attēls. Molibdenīta MoS₂ struktūra.

2.4.3. Halogenīdi

Salmiaks NH₄Cl Simetrija O_h – m3m (3L₄4L₃6L₂9PC). Kubisks. Formulas vienību skaits elementāršūnā Z = 1. Šim struktūras tipam pieskaitāmi: CsCl, CsBr,



92.attēls. Salmiaka NH₄Cl struktūra.

Fluorīts CaF₂ Simetrija O_h – m3m (3L₄4L₃6L₂9PC). Kubisks. Formulas



93.attēls. Fluorīta CaF₂ struktūra.

Molibdenīts MoS₂ Simetrija D_{6h} – 6/mmm (L₆6L₂7PC). Heksagonāls. Formulas vienību skaits elementāršūnā Z = 2. Šim struktūras tipam pieskaitāmi: molibdenīts MoS₂, tungstenīts WS₂, kā arī WSe₂ un ReS₂.

CsJ, CsCN, NH₄Cl (<184,4°), NH₄Br (<137,8°), NH₄I (<17,6°), α-RbCl (-190°), TlCl, TlBr, TlI, TlSb, TlBi, CuZn, AgZn, AuZn, TiZn u.c.

2.4.4. Oksīdi

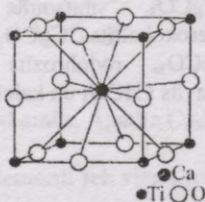
Korunds $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ Simetrija $D_{3d} - \bar{3}m$ (L_33L_23PC). Trigonāls. Šim



struktūras tipam pie-skaitāmi: korunds $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, hematīts $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$, eskolaīts Cr_2O_3 , geikilīts MgTiO_3 , ilmenīts FeTiO_3 , pirofanīts MnTiO_3 , kā arī Ti_2O_3 , V_2O_3 , $\alpha\text{-Ga}_2\text{O}_3$, Rh_2O_3 , CoTiO_3 un NiTiO_3 .

94.attēls. Korunds $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$. Heksagonālajā režģī sešas Al-O kārtas sakārtotas viena virs otras tādējādi, ka ABCDEF atrodas uz vienas taisnes. Augšā parādīta Al_2O_3 grupa.

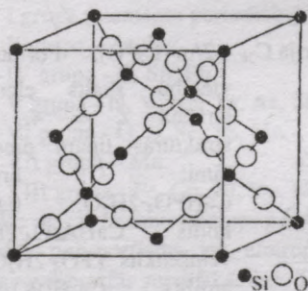
Perovskīts CaTiO_3 Simetrija - pseidokubiska. Šim struktūras tipam pie-



skaitāmi: perovskīts CaTiO_3 , dizanalīts $(\text{Ca}, \text{Ce})(\text{Ti}, \text{Fe}, \text{Nb})\text{O}_3$, luešīts NaNbO_3 , neiborīts NaMgF_3 , kā arī SrTiO_3 , BaTiO_3 , CaZrO_3 , BaZrO_3 , PbZrO_3 u.c.

95.attēls. Perovskīta CaTiO_3 struktūra.

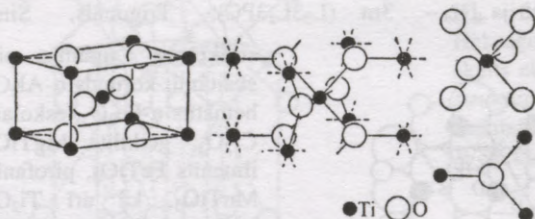
Augsttemperatūras kristabolīts jeb β -kristabolīts, SiO_2 Kubisks.



Simetrija $O_h - m\bar{3}m$ ($3L_44L_36L_29PC$). Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 8$.

96.attēls. Augsttemperatūras kristabolīts jeb β -kristabolīts SiO_2 .

Rutils TiO_2 Tetragonāls. Simetrija $D_{4h} - 4/mmm$ (L_4L_75PC). Formulas

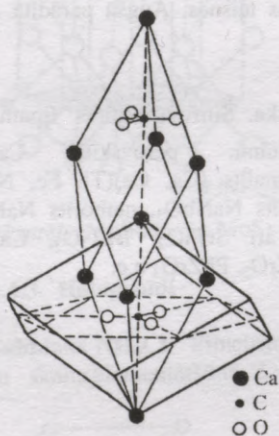


97.attēls. Rutils TiO_2 .

vienību skaits elementāršūnā $Z = 2$. Šim struktūras tipam pieskaitāmi: selaīts MgF_2 , ZnF_2 , MnF_2 , FeF_2 , CoF_2 , NiF_2 , PdF_2 , piroluzīts MnO_2 , rutils TiO_2 , kasiterīts SnO_2 , platnerīts PbO_2 , parateluurīts TeO_2 u.c.

2.4.5. Nitrāti, karbonāti, borāti

Kalcīts CaCO_3 Trigonāls, romboedrisks.



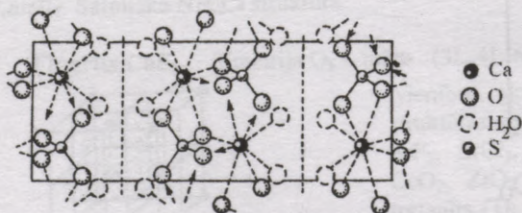
98.attēls. Kalcīts CaCO_3 .

Simetrija $D_{3d} - \bar{3}m$ (L_33L_23PC).

Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 2$. Šim struktūras tipam pieskaitāmi: LiNO₃, nitronatrīts NaNO₃, InBO₃, ScBO₃, YBO₃, magnezīts MgCO₃, smitsonīts ZnCO₃, sferokobaltīts CoCO₃, siderīts FeCO₃, rodohrozīts MnCO₃, otavīts CdCO₃ un kalcīts CaCO₃.

2.4.6. Sulfāti, hromāti, volframāti

Gipsis $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ Monoklīnais. Simetrija $C_{2h} - 2/m$ (L_2PC). Formulas

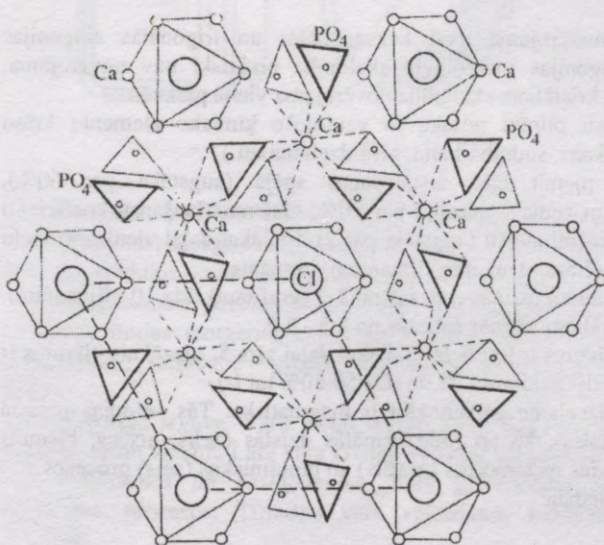


99.attēls. Gipsis $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

vienību skaits elementāršūnā $Z = 4$. Šim struktūras tipam pieskaitāmi: brušīts $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, farmakolīts $\text{CaHAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, veinšenkīts $\text{YPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ un ardilīts $\text{Ca}_2\text{H}[\text{PO}_4\text{SO}_4] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.

2.4.7. Fosfāti, arsenāti, vanadāti

Apatīts $\text{Ca}_5[\text{Cl}(\text{PO}_4)_3]$ Heksagonāls. Simetrija $C_{6h} - 6/m (L_6PC)$. Formulas



vienību skaits elementāršūnā $Z = 2$. Šim struktūras tipam pieskaitāmi: svabiņš $\text{Ca}_5[\text{F}(\text{AsO}_4)_3]$, piro-morfīts $\text{Pb}_5[\text{Cl} | (\text{PO}_4)_3]$, mimetezīts $\text{Pb}_5[\text{Cl} | (\text{AsO}_4)_3]$, vanadinīts $\text{Pb}_5[\text{Cl} | (\text{VO}_4)_3]$ un sulfātapatīts $\text{Na}_3\text{Ca}_2[\text{Cl} | (\text{SO}_4)_3]$. Apatīta struktūrā ap trešās pakāpes asi izvietojušies Ca atomi, kurus aptver skābekļa atomi un tie saistīti ar tetragonālajām $[\text{PO}_4]$ grupām.

100.attēls. Apatīta $\text{Ca}_5[\text{Cl}(\text{PO}_4)_3]$ struktūra.

2.5. Elementi jeb vienkāršās vielas

Vienkāršās vielas jeb tīrradņi ir homoatomu minerāli. Šim tipam pieskaita arī intermetāliskos savienojumus, t.i., savienojumus starp metāliem steheometriskās attiecībās, piemēram, landsbergīts - Ag_2Hg_3 , alemonīts - AsSb , zelta amalgāma Au_2Hg_3 u.c. Vienkāršās vielas veido vairāk nekā 30 ķīmisko elementu. Elementi, kas Zemes garozā sastopami kā vienkāršās vielas, ir šādi:

I grupa (elementu periodiskajā sistēmā) - H, Cu, Ag, Au.

II grupa - Zn, Hg.

IV grupa - C, Sn, Pb.

V grupa - N, V, Nb, Ta, As, Sb, Bi.

VI grupa - O, S, Se, Te, Mo.

VII grupa - Mn.

VIII grupa - Fe, Co, Ni, Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt, He, Ne, Ar, Kr, Xe.

Pēc masas to saturs Zemes garozā nepārsniedz 0,1%. Vienkāršo vielu minerāliem raksturīgs polimorfisms jeb alotropija. Piemēram, sēram, dzelzij un ogleklim ir vairākas polimorfās modifikācijas. Tāpat šī tipa minerālos novērojama cieto šķīdumu veidošanās. Sevišķi raksturīga ir cieto šķīdumu veidošanās sistēmās Fe-Ni, Pt-Rh, Pt-Ir, Au-Ag, Au-Cu. Turklāt daudzās sistēmās novērojama nepārtraukta rinda cieto šķīdumu veidošanās.

Lielā daļā vienkāršo vielu kristalizējas struktūras tipā, kas atbilst kubiskam vai heksagonālam daļiņu blīvumam sakārtojumam, kā arī kubiskā telpiski centrētā struktūras tipā. Lielākā daļā vienkāršo vielu kristalizējas kubiskā, heksagonālā un trigonālā singonijā.

Labā skaldnība ir novērojama tikai heksagonālās un trigonālās singonijas minerāliem. Kubiskās singonijas minerāliem skaldnība praktiski nav novērojama. Izņēmums ir dimants, kura kristāliem skaldnība novērojama vienā plaknē.

Vienkāršo vielu krāsu pilnīgi nosaka to veidojošo ķīmisko elementu krāsa (zeltaini-dzeltena, vara-sarkana, sudraba-balta, sēra-dzeltena utt.).

Tīrradņu metāliem piemīt laba atstarošanas spēja (augstāka par 60%), metaloīdiem un nemetāliem zema - mazāka par 30%. Gaismas laušanas koeficienti visiem šī tipa minerāliem ir ļoti augsti (augstāki par 2). Lielākai daļai vienkāršo vielu piemīt metālisks spīdums, sēram - taukains, dimantam - dimanta.

Cietība vienkāršām vielām mainās robežās no 1-2 (grafītam) līdz 10 (dimantam). Vidējā cietība šī tipa minerāliem mainās robežās no 2,5 - 4,5.

Šī tipa minerāliem blīvums ir ļoti liels - lielākai daļai virs 5. Mazākais blīvums ir sēram - 2,07, augstākais ir sērskaitam - 22,96 (Os 50-80% un Ir).

Vienkāršām vielām izcelsme galvenokārt ir magmatiska. Tās veidojas parastā kristalizācijā (dimants, dzelzs), kā arī hidrotermālās dzīslās (zelts, arsēns, bismuts u.c.). Atsevišķi minerāli rodas metamorfos (grafīts) un bioķīmiskos (sērs) procesos.

Vienkāršo vielu tipu iedalā:

- 1) tīrradņu metāli;
- 2) tīrradņu metaloīdi;
- 3) tīrradņu nemetāli.

2.5.1. Tīrradņi metāli

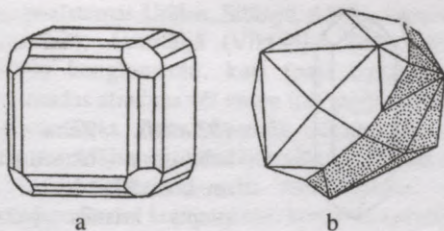
Tīrradņu metālu grupā ietilpst atomu struktūras ar blīvo sakārtojumu un metālisko saiti. Tas nosaka tīrradņu metālu daudzo fizikālo īpašību kopību. Tos raksturo augsta elektro- un siltumvadāmība, tiem ir spēcīgi izteikts metālisks spīdums, liels blīvums. Šajā klasē viena no svarīgākām ir minerālu apakšklase ar koordinācijas struktūru (varš, dzelzs, platīns u.c.).

Varš – Cu *Ķīmiskais sastāvs.* Varš parasti ir ķīmiski tīrs, dažreiz satur Ag, Au un Fe piemaisījumus (līdz 2,5 %).

Minerāla paveidi. Zeltītais varš ar 2 – 3 % Au piemaisījuma, vitneīts – ar Au saturu līdz 11,6 %.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 4$. Kubisks. Simetrija - $3L_44L_36L_29PC$.

Agregāti un habituss. Varš veido plakanus dendrītus un plāksnes, kas rodas iežu spraugās. Dažās atrodnēs tika atrasti lieli blīvi vara gabali (Kivino pussalā Mičiganas štatā), kas svēra vairākas tonnas. Pareizi veidoti kristāli sastopami reti, visbiežāk tiem ir kubisks habituss ar galvenām kuba, rombiskā dodekaedra, oktaedra u.c. formām (sk. 101.att. a). Sastopami arī diviņu saaugumi (sk. 101.att. b). Kā kristāli, tā arī vara diviņu saaugumi reti attīstās vienmērīgi visos virzienos. Bieži blīva kristāla vietā rodas pagarinātas, vienā virzienā izstieptas skeleta formas vai dendrīti.



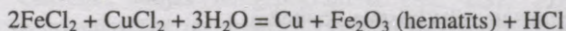
101.attēls. Tīrradņu: a - vara kristāls; b - saauguma dvīnis.

Fizikālās īpašības. Blīvums 8,5 – 8,9 (g/cm³); cietība 2,5 – 3,0 (pēc Moosa); skaldnības nav; diezgan laba kaļamība; krāsa – vara-sarkana; svītras krāsa – metāliski sarkana; spīdums – metālisks, atstarošanas spēja – 90 %.

Diagnostikas pazīmes. Varu viegli nosaka pēc krāsas, kaļamības un blīvuma. Galvenās līnijas rentgenogrammā (Å): 2,085; 1,806; 1,276. Viegli šķīst atšķaidītā slāpekļskābē, sālsskābē – grūtāk. Vara šķīdumam amonjaka pārākumā raksturīga zila krāsa.

Mākslīgā ieguve. Varu viegli iegūst, reducējot no šķīdumiem ar organiskām un neorganiskām vielām. Labi vara kristāli veidojas elektrolīzes ceļā.

Veidošanās un sastopamība. Varš galvenokārt veidojas hidrotermālos un eksogēnos procesos. Tīrradņu vara veidošanās hidrotermālā procesā var notikt sekojoši:



Eksogēnās atradnēs tīrradņu varš bieži sastopams kopā ar kuprītu (Cu₂O), halkozīnu (Cu₂S), brūnām dzelzsrūdām, malahītu (CuCu(OH)₂[CO₃]).

Uz Zemes virsmas varš ir nestabils un skābekļa ietekmē pārveidojas par kuprītu (Cu₂O) un tenorītu (CuO), bet ūdens-gaisa ietekmē par – malahītu (CuCu(OH)₂[CO₃]) un azurītu (Cu₂Cu(OH)₂[CO₃]).

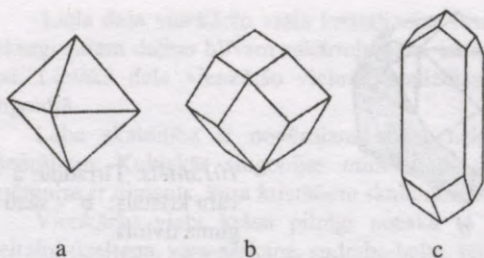
Izmantošana. Neapšaubāmi varš ir viens no elementiem, ko var pieskaitīt pie vadošajiem mūsdienu rūpniecībā. Praktiskā vara izmantošana ir ļoti plaša. Visvairāk to izmanto mašīnbūvē, metalurģijā, elektrotehnikā, aparātu būvē. Varu izmanto arī monētu kalšanai. Varš kalpo arī kā sastāvdaļa daudzos sakausējumos.

Zelts – Au *Ķīmiskais sastāvs.* Zelta atomi struktūrā var aizvietoties ar sudraba atomiem, un eksistē pilna rinda cieto šķīdumu no tīra zelta līdz tīram sudrabam. Dabā zelts parasti satur 10-15 % sudraba. Nelielos daudzumos zelts var saturēt arī palādiiju, rodiju, varu, bismutu un dzīvsudrabu.

Minerāla paveidi. Nosaukums elektrums tiek attiecināts uz zeltu, kura sastāvā ir 20 % un vairāk sudraba.

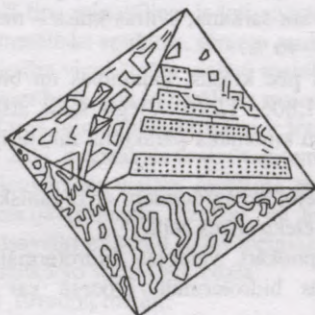
Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā Z = 4. Kubisks. Simetrija - 3L₄4L₃6L₂9PC.

Agregāti un habituss. Zeltam kristāli nav raksturīgi, atrastajiem kristāliem ir oktaedriska vai dodekaedriska forma (sk. 102.att.).



102.attēls. Zelta kristālu habituss: a – oktaedrisks; b – rombododekaedrisks; c – izstiepts kristāls (izkropļots rombododekaedrs).

Zelts veido paralēlus saaugumus un dvīņu agregātus. Parasti sastopams lap-



veida, dendrītveida, šķiedrains vai adatains zelts, reizēm arī masīvs, kurā ir rupji noapaļoti graudi. Upju guļtnēs sastopami noapaļotas formas zelta tīrradņi, kuru svars ir no nedaudz gramiem līdz vairākiem desmitiem kilogramu. Pats lielākais zelta tīrradnis "Holtermans plāksne" tika atrasts Austrālijā 1872.gadā un kopā ar iezi tas svēra 260 kg, bet tīra zelta svars tajā bija 93,3 kg.

103.attēls. Gravējums uz zelta kristāla šķautnēm.

Paši lielākie zelta tīrradņi (piem., "Jaukais svešinieks"), arī tika atrasti Austrālijā Viktorijas štatā 1869.gadā. Tā svars bija 68,08 kg. Zelta kristālu skaldnes klātas ar dažādiem gravējumiem (sk. 103.att.).

Fizikālās īpašības. Blīvums 15,6 – 18,3 (g/cm³); cietība 2,5 – 3,0 (pēc Moosa); skaldnības nav; diezgan laba kaļamība; krāsa – zeltaini-dzeltena; svītras krāsa – metāliski dzeltena; spīdums – metālisks; atstarošanas spēja – 80-84%.

Diagnostikas pazīmes. Visraksturīgākā zelta pazīme ir tā zeltaini dzeltenā krāsa. Zelts gaisā neoksidējas un to viegli griezt ar nazi. Galvenās līnijas rentgenogrammās (Å): 2,35; 2,03; 1,226. Skābēs (izņemot karajūdeni) zelts nešķīst. Kušanas temperatūra ir 1062⁰C.

Mākslīgā ieguve. Zelta kristāli tika iegūti augstas temperatūras vai skābju iedarbībā uz zelta amalgamu, kā arī, reducējot no zelta sāļu šķīdumiem vai elektrolīzes ceļā.

Veidošanās un sastopamība. Rūpnieciskas nozīmes zelts parasti veidojies hidrotermālā ceļā, kā arī nogulsņējoties. Zelts kā piemaisījums sastopams visdažādākajos iežos, sākot ar magmatiskajiem un beidzot ar nogulumiežiem. Hidrotermālās atradnēs, kas saistītas galvenokārt ar skābo iežu veidošanos, zelts sastopams kvarca dzīslās kopā ar dažādiem sulfīdiem. Pašas lielākās hidrotermālās zelta atradnes Krievijā ir Berezovskā, kur vairāk nekā 200 gadus atpakaļ pirmoreiz atklāja tīrradņu zeltu, kā arī atradnes Austrumu Aizbaikālā. Citas šāda tipa zelta atradnes ir Austrālijā un Jaunzēlandē, kā arī ASV Rietumu štatos, Aļaskā un Kanādā. Starp zelta kļiedņu atradnēm sastopami kā upju, tā arī jūru kļiedņi. Zelta kļiedņu

atradnes pazīstamas Urālos, Sibīrijā, ASV – Kalifornijā un Aļaskā (Klondaika Jukonas upes baseinā), Austrālijā (Viktorijas štatā). Kā īpašs zelta atradņu tips jāmin metamorfie konglomerāti, kuri īpaši izplatīti Dienvidāfrikā, Transvālā, kur no Vitvatersrandas atradnes vēl nesēn tika iegūti 50 % no visas pasaules zelta.

Izmantošana. Zeltu visvairāk izmanto kā valūtu. Labi zināma tā izmantošana juvelieru izstrādājumos, pārklājot plānās kārtiņās citus metālus, kā arī zobārstniecībā. Viens no svarīgākajiem zelta izmantošanas veidiem rūpniecībā ir elektronikā (superjaudīgu datoru komponentu) kontaktu apzeltīšana.

Sudrabs – Ag *Ķīmiskais sastāvs.* Tīrradņu sudrabs var saturēt zeltu, kas struktūrā var aizvietot sudraba atomus. Tīrradņu sudrabā var šķīst arī dzīvsudrabs, arsēns un antimons.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 4$. Kubisks. Simetrija - $3L_44L_36L_29PC$.

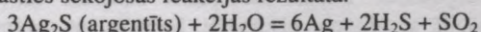
Agregāti un habituss. Sudrabam kristāli nav raksturīgi, to forma ir kubi, oktaedri, bet daudz retāk - dodekaedri. Sudrabs sastopams plānu plāksnīšu, lapiņu un dendrītu veidā. Ļoti izplatītas ir vadveida formas. Galvenokārt sudrabs sastopams nepareizu graudu un lielu blīvu sakopojumu – tīrradņu veidā.

Fizikālās īpašības. Blīvums 10,1-11,1 (g/cm^3); cietība 2,5-3,0 (pēc Moosa); skaldnības nav; samērā laba kaļamība; krāsa – sudrabaini balta; svītras krāsa – metāliski balta; spīdums – metālisks; atstarošanas spēja – 95 %.

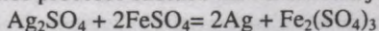
Diagnostikas pazīmes. Sudrabu nosaka pēc agregātu rakstura, krāsas, kaļamības un blīvuma. Galvenās līnijas rentgenogrammā (Å): 2,37; 2,05; 1,232. Šķīst slāpekļskābē, kā arī sālsskābē izgulsnējoties baltām biežpienveida $AgCl$ nogulsnēm. Iedarbojoties ar H_2S , sudrabs nomelnē. Kušanas temperatūra tuva $960^{\circ}C$.

Mākslīgā ieguve. Sudrabu iegūst ar neorganiskām un organiskām vielām reducējot sudraba sāļu šķīdumus, kā arī ar elektrolīzi.

Veidošanās un sastopamība. Tīrradņu sudrabs veidojas hidrotermālos un eksogēnos procesos. Hidrotermālās sudraba atradnēs var izdalīt trīs tipus: 1) kopā ar argentītu Ag_2S kalcīta dzīslās, nozīmīga šī tipa atradne ir Kongsberga Norvēģijā; 2) asociācijās ar dažādu metālu sulfīdiem, arsenīdiem, antimonīdiem, starp kuriem īpaši izplatīti ir kobaltīns $CoAsS$, saflorīts $CoAs_2$, arsenopirīts $FeAsS$ un niķelīns $NiAs$, kā šī tipa atradnes var minēt Kobaltu Ontario provincē Kanādā un Šņebergu Saksijā; 3) ar uraninītu U_2UO_7 un niķeļa kobalta minerāliem, pie šī tipa atradnēm pieder Jahimovas atradne Čehijā un Lielā Lāčezera rajons Kanādā. Hidrotermālās atradnēs sudrabs var rasties sekojošas reakcijas rezultātā:



Eksogēnos procesos sudrabs var rasties sekojošas reakcijas rezultātā:



Tādējādi radušās daudzas sudraba atradnes Meksikā, ASV Rietumu štatos (Kolorado, Montāna, Jūta, Nevada) un Kanādā.

Izmantošana. Sudrabam, kas tiek uzskatīts par vienu no labākajiem elektrības vadītājiem, ir daudzas pielietošanas jomas. Tās ir fotolietas, elektroniskā rūpniecība, ledusskapju ražošana, juvelierizstrādājumu izgatavošana, dažādu rīku izgatavošana no sudraba (t.sk. galda piederumu), kā arī monētu kalšana. Pateicoties savām derīgajām īpašībām un vērtībai, sudrabs arī ietilpst valūtas fondā.

Dzelzs – α -Fe Sinonīms – ferrīts.

Ķīmiskais sastāvs. Telūriskā dzelzs sastopama ļoti reti. Parasti satur niķeļa, kobalta, vara, platīna u.c. elementu piemaisījumus.

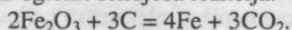
Minerāla struktūra. Simetrija - $3L_44L_36L_29PC$. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 2$.

Agregāti un habituss. Kristāli sastopami ļoti reti. Pārsvārā sastopami nepareizas formas kristāli.

Fizikālās īpašības. Blīvums 7,3-7,9 (g/cm^3); cietība 4-5 (pēc Moosa); krāsa – tērauda pelēka; svītras krāsa – tērauda pelēka spīdīga; spīdums - metālisks; spēcīgi izteiktas magnētiskās īpašības un kaļamība.

Diagnostikas pazīmes. Raksturīgas dzelzs pazīmes – magnētisms un kaļamība. No platīna atšķiras ar stipro magnētismu, blīvumu, kā arī šķīdību HNO_3 . Galvenās līnijas rentgenogrammā (Å): 2,02; 1,430; 1,168.

Mākslīgā ieguve. Dzelzi iegūst metalurģiskos procesos no dažādām dzelzs rūdām to reducējot ar oglekli sekojošā reakcijā:



Veidošanās un sastopamība. Dzelzs reizēm veido blīvas masas bāziskos un ultrabāziskos iežos. Tāpat sastopama arī atsevišķu graudu veidā kļiedņos. Tīrradņu dzelzs sastopama tikai Disko salas (Grenlande) bazaltos, tāpat zināma atradne netālu no Kaseles Vācijā, pie Augšezera ASV, Kubā, Urālos.

Izmantošana. Praktiskās pielietošanas šī tipa veidojumiem nav.

Platīns – Pt *Ķīmiskais sastāvs.* Tīrradņu platīns var saturēt dzelzi pat līdz 28 %, tāpēc bieži to var atšķirt pēc magnētisma, jo ar dzelzi bagātam platīnam piemīt magnētiskas īpašības. Platīns var saturēt arī palādiiju, rodiju, irīdiju un varu.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 4$. Kubisks. Simetrija - $3L_44L_36L_29PC$.

Agregāti un habituss. Platīns reti veido kristālus, biežāk veido nepareizas formas graudus starp silikātu minerāliem un hromšpinelīdiem $FeCr_2O_4$, vai arī kļiedņos.

Fizikālās īpašības. Blīvums 21,5 g/cm^3 ; cietība 4,0-4,5 (pēc Moosa); skaldnības nav; krāsa un svītras krāsa – no sudrabaini baltas līdz tumši pelēkai; spīdums – metālisks.

Diagnostikas pazīmes. Platīnam raksturīga pelēka krāsa, liels blīvums, kā arī tas, ka platīns nešķīst nevienā skābē, izņemot karstu karājūdeni. Nepārklājas ar plānu kārtiņu, kas raksturīgs sudrabam.

Veidošanās un sastopamība. Platīns sastopams bāziskos un ultrabāziskos magmatiskos iežos asociācijā ar olivīnu, piroksēnu, hromītu un magnetītu. Platīnu iegūst no magmatiskām atradnēm dunītos (piem., Bušveldas komplekss Transvālā Dienvidāfrikā). Lielus platīna daudzumus iegūst no upju kļiedņiem abās Urālu kalnu nogāzēs, nedaudz platīna iegūst arī citur pasaulē (Kolumbijā, Kanādā un Jaunzēlandē).

Izmantošana. Pateicoties platīna īpašībai nekorodēt gandrīz nevienas ķīmiskas vielas iedarbībā, to diezgan plaši lieto ķīmiskajā rūpniecībā (piem., kā katalizatoru iegūstot gan neorganiskas, gan organiskas vielas). Platīnu lieto arī automobiļu dzinēju katalītiskajos konvertoros. Turklāt augsta platīna elektrovadāmība un augsta kušanas temperatūra nodrošina tā plašu pielietojumu daudzās citās svarīgās nozarēs.

2.5.2. Tīrradņi metaloīdi

No minerāliem, šai klasei pieder samērā reti satopamais tīrradnis arsēns un tīrradnis bismuts, kuriem ir kārtaina struktūra.

Arsēns satur 84-98 % As un piemaisījumus, no kuriem svarīgākie ir Sb (1,7-9,2) un Ag. Bismuts ir samērā tīrs un satur tikai Fe, S, As un Sb iezīmes. Tie kristalizējas trigonālā singonijā, simetrija $D_{3d} - 3m$ (L_33L_23PC). Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 8$. Kristālisko struktūru var attēlot kā nedaudz deformētu kubu. Arsēna struktūra no bismuta struktūras atšķiras tikai ar starpatomu attālumiem. Kristāli sastopami reti. Tīrradņu arsēnam un bismutam nav praktiskas nozīmes.

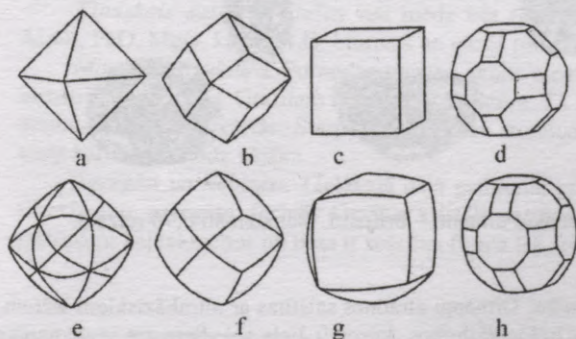
2.5.3. Tīrradņi nemetāli

Pie tīrradņu nemetāliem pieder ļoti atšķirīgas, pēc savām fizikālajām īpašībām, oglekļa polimorfās modifikācijas – dimants un grafitis, kā arī tīrradņu sērs. Pēc kristāliskās struktūras tipa dimants pieder pie koordinācijas struktūras veidojumiem, grafitis – pie kārtainiem minerāliem, bet tīrradņu sērs – gredzenveida minerāliem.

Dimants – C Dimanta nosaukums radies no grieķu vārda „adamas” – nepārspējais, nepārspējamais (saskaņā ar tā augsto cietību un ķīmisko izturību).

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 8$. Kubisks. Simetrija – $3L_44L_36L_29PC$.

Agregāti un habituss. Parastās formas dimantam ir oktaedrs, rombiskais dodekaedrs, kubs, kā arī to kombinācijas (sk. 104.att.).



104.attēls. Parastās dimanta formas: a – oktaedrs; b – rombo-dodekaedrs; c – kubs (heksaedrs); d – kombinācija; e – oktaedroīds; f – dodekaedroīds; g – heksaedroīds; h – kombinācija.

Bez plakanām skaldnēm dimanta kristāliem raksturīgas arī liektas skaldnes, kuras veido oktaedroīdus, dodekaedroīdus, heksaedroīdus. Dimantam raksturīgi arī dvīņu saaugumi.

Dimantu masu mēra karātos (karāts ir 0,2 g). Vislielākais dimants “Kulinans” svēra 3106 karātos (atrasts Dienvidāfrikā) un bija atlūza no lielāka kristāla. Lielu dimanta gabalu atradumi ir diezgan reti. Slaveni ir tādi dimanti kā: “Orlovs” – 194,8 karāti, “Kohinors” – 106,1 karāti, “Regents” – 136,9 karāti, “Florencietis” pazīstams arī ar nosaukumiem “Austrijas dimants” un “Toskānas lielhercogs” – 133,2 karāti,

“Dienvīdņu zvaigzne” tika atrasts Brazīlijā – 125,5 karāti, “Dienvīdāfrikas zvaigzne” – 46,5 karāti. Slavenākie dimanti parādīti 105.attēlā.

Fizikālās īpašības. Blīvums 3,47-3,56 (g/cm³); cietība – 10 (pēc Moosa); skaldnība – laba pa oktaedru, krāsa – bezkrāsains, ūdens caurspīdīgs vai iekrāsots gaišzils, zils, dzeltens, zaļš, brūns un melns; svītras krāsa – balta; spīdums – stiprs dimanta; lielākā daļa dimantu ir optiski vāji anizotropi; dimantam piemīt pusvadītāju īpašības.

Diagnostikas pazīmes. Dimantam raksturīga augsta cietība un augsts gaismas laušanas koeficients, luminiscence ultravioletajos staros (gaišzilas, zilās, reizēm zaļās un dzeltenās krāsās). Galvenās līnijas rentgenogrammās (Å): 2,05; 1,26; 0,721.

Mākslīgā ieguve. Dimantus iegūst no grafitā 2800-3000°C temperatūrā un spiedienā līdz 1000000 kg/cm². Grafitā pāreja par dimantu notiek dažu minūšu laikā.



105.attēls. Slavenākie dimanti – briljanti. (samazināti 0,75 reizes).

Veidošanās un sastopamība. Dimantu atradnes saistītas ar ultrabāziskiem iežiem. Dimantu kristalizācija notiek lielos dziļumos, kuros ir liels spiediens un ievērojamas temperatūras. Sprādziena rezultātā magma, kas satur dimantus, paceļas un stingst, veidojot iežus, ko sauc par kimberlītiem. Šāda tipa atradnes ir Dienvidāfrikā un Rietumjakutijā. Kimberlīta piltuves shematiskais griezumums (sk. 106.att.).

Daudzas kimberlīta piltuves atrastas Dienvidāfrikā, bet tikai nedaudzas no tām satur rūpnieciskai izmantošanai nepieciešamo dimantu daudzumu. Līdzīgas piltuves atrastas arī Jakutijā. No seniem laikiem līdz 1739.gadam vienīgā dimantu piegādātāja bija Indija, pēc tam – arī Brazīlija.



106.attēls. Shematisks kimberlīta piltuves griezumšs: a – olivīna iezis, b – kvarcīts; c – diabazs; d – melnais slāneklis; e – kimberlīts ar blakus iežu šķembām; f – “Zilā zeme”; g – “Dzeltenā zeme”. “Zilā zeme” – zili pelēka, zili zaļa vai zili melna sadēdējušu kimberlītu masa, kur galvenokārt pārveidojies olivīns. “Dzeltenā zeme” – kimberlītu pilnīgas sadēdēšanas produkts.

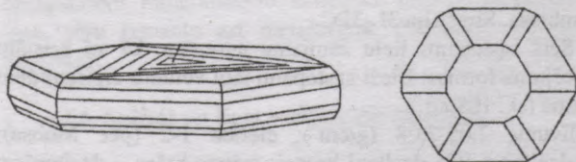
Izmantošana. Dimanta kristālus ar izcīlu caurspīdīgumu, vienmēriģu krāsojumu un bez defektiem izmanto juvelierizstrādājumos, bet zemākas kvalitātes dimantus izmanto tehniskām vajadzībām. Juvelieru akmeņiem tiek izmantoti dimanti ar augstāku kvalitāti, ar pilnīgāku formu, īpašu caurspīdīgumu, skaīstu un vienmēriģu nokrāsu, bez plaisām un iekļāvumiem. Juvelieru akmeņus apstrādā. Tehniskie dimanti sastāda 75-85 % no visiem iegūtajiem dimantiem. Tos galvenokārt izmanto urbšanai, dažādu instrumentu izgatavošanā, kā abrazīvu, griezošu un pulējošu materiālu. Tehniskām vajadzībām parasti izmanto sīkus, juvelierizstrādājumiem nederīģus dimantus.

Grafīts C Nosaukums radies no grieķu vārda „grafo” – rakstu. Starp grafītiem izšķīr grafītītu – slēpti kristālīsku paveīdu un šungītu – amorfu paveīdu.

Ķīmiskais sastāvs. Grafīts reti mēdz būt tīrs. Parasti satur līdz 10-20% SiO₂, Al₂O₃, FeO, MgO, kā arī H₂O, bitumus un gāzes (līdz 20%).

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaīts elementāršūnā Z = 4. Heksagonāls. Simetrija L₆6L₂7PC. Grafītam ir kārtaina struktūra. Tā struktūru raksturo blīvs oglekļa atomu izvietojums kārtās. Starp vienas kārtas atomiem pastāv ļoti stipra saīte. Saīte starp kārtām ir daudz vājāka.

Agregāti un habituss. Lielākajā daļā gadījumu grafīts sastopams plākšņainu vai sīkzvīņainu agregātu formā. Grafīta kristāli sastopami reti. Labi veīdoti kristāli sastopami kaļķakmeņos un tiem ir sešstūra forma (sk. 107.att.).



107.attēls. Minerāla grafīta kristālu habituss.

Fizikālās īpašības. Blīvums 2,09-2,23 (g/cm³); cīetība 1 (pēc Moosa); skaldnība – laba vienā plaknē; krāsa – dzelzs melna līdz tēraudpelēkai; svītras krāsa – melna; spīdums – metālīskis matēts.

Diagnostikas pazīmes. Grafītu viegli atšķirt pēc krāsas, zemās cietības un taucainuma taustot. Skābēs nešķīst. Viegli raksta uz papīra.

Mākslīgā ieguve. Grafītu iegūst no ogles (antracīta) elektriskajā krāsnī augstā temperatūrā.

Veidošanās un sastopamība. Grafīts sastopams iežos, kas veidojušies reģionālā vai kontakta metamorfisma ceļā. Tas ietilpst marmoru, gneisu, slānekļu, kvarcītu sastāvos. Pilnībā pārkristalizējušos kaļķakmeņos (marmoros) tas eksistē skaidri izteiktu, vizlai līdzīgu zvīņu veidā. Grafīts sastopams arī izvirduma iežos, arī pegmatītu dzīslās. Grafīts, kas veidojies noguluma iežu reģionālajā metamorfozē, vistīcāmāk kristalizējies, sadaloties organiskām paliekām. Pirmskembrija vecuma iežos, grafīts varēja rasties nātrija karbonāta reducēšanās rezultātā, lai gan tiešu pierādījumu tam nav.

Rūpnieciskas nozīmes grafīta atradnes ir nefelīna sienītos un metamorfos iežos. Pie tādām pieder atradnes Šrilankā un Botogolas atradne Krievijā. Skaidri izteiktu kristālisku grafītu atradnes sastopamas Madagaskarā, Bavārijā, Indoķīnas pussalā. Slēpti kristāliska grafīta atradne ir Tunguskas ogļu baseina atradne.

Izmantošana. Grafīta augstā kušanas temperatūra (3000°C) un tā augstā noturība pret skābju iedarbību nosaka tā lietošanas lielo daudzveidību, neskaitot tradicionālo – zīmļu izgatavošanu. Grafītu plaši lieto tīģeļu izgatavošanai, kas nepieciešami krāsaino metālu un dažu speciālu tērauda šķirņu kausēšanai, tāpat arī elektrodu izgatavošanai, kā smērviela mašīnās, kā arī krāsošanai.

Sērs S Nosaukums radies no latīņu vārda „sulfur” kā senatnē sauca šo elementu.

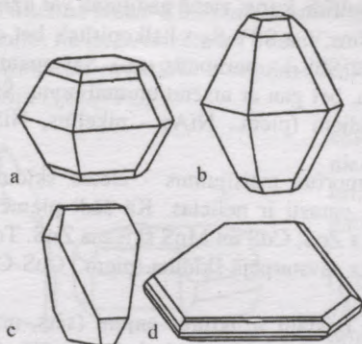
Ķīmiskais sastāvs. Sērs parasti sastopams ķīmiski tīrs, reizēm satur līdz 5,2% selēnu (selēnskābi), telūru vai arsēnu. Ļoti bieži sērs ir piesārņots ar mehāniskiem māla daļiņu piemaisījumiem.

Minerāla paveidi. Sēram raksturīgs labi izteikts enantiotropais polimorfisms. Tai raksturīgas trīs kristāliskās modifikācijas: α – sērs, β – sērs (sulfurīts) un γ – sērs (rozickīts). Stabilākais normālos apstākļos ir rombiskais sērs (α – sērs), pie kura pieder dabiskie sēra kristāli. Otrā, monoklīnā modifikācija (β – sērs) stabila augstās temperatūrās. Monoklīno sēru atdzesējot līdz $95,5^{\circ}\text{C}$ temperatūrai, tas pārvēršas rombiskajā. Savukārt, rombisko sēru sildot līdz šai temperatūrai, tas pāriet monoklīnajā un 119°C temperatūrā kūst. Izšķir kristālisko un amorfo sēru. Kristāliskais sērs šķīst organiskos šķīdinātājos, turpretim, amorfais sērs sēroglekli nešķīst.

Minerāla struktūra. Rombisks. Simetrija $3L_23PC$.

Agregāti un habituss. Sērs sastopams lielu zemjainu agregātu, kā arī kristālu drūzu veidā, bieži arī kā notecējuma formas. Bieži sastopami labi veidotu dipiramidālu vai tetraedrveida habitusu formā (sk. 108.att.).

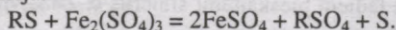
Fizikālās īpašības. Blīvums $2,05-2,08$ (g/cm^3); cietība 1-2 (pēc Moosa); skaldnība - vāja; krāsa – no dzeltenas līdz dzeltenai brūnai; svītras krāsa – dzeltenīga; spīdums uz skaldnēm – dimanta, lūzumā – taukains; trausls; labs siltumizolators; piemīt pusvadītāja īpašības.



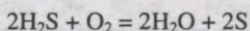
108.attēls. Minerāla sēra kristālu habituss: a – saspiesti-dipiramidāls; b – izstiepti-dipiramidāls; c – tetraedrveida; d – pinakoidāls.

Diagnostikas pazīmes. Galvenais ir krāsa, zemā cietība, trauslums, kūst pie 113° C, deg gaisā ar zilu liesmu 270° C, izdalot sēra dioksīdu. Ūdenī, HCl un H_2SO_4 nešķīst, bet šķīst oglekļa disulfīdā. HNO_3 un karalūdens oksidē sēru, pārvēršot to par H_2SO_4 . Rentgenogrammā galvenās līnijas (Å): 3,85; 3,21 un 3,10.

Veidošanās un sastopamība. Sērs ir plaši izplatīts dabā, tā atradnes veidojušās: 1) vulkānu izvirdumos; 2) sulfosāļu un metālu sulfīdu sadalīšanās rezultātā; 3) oksidējoties sēru saturošiem savienojumiem (galvenokārt, ģipsim); 4) sadaloties organiskiem savienojumiem (galvenokārt ar sēru bagātam asfaltam un naftai); 5) sadaloties sērūdeņradim, dažreiz SO_2 un SO_3 , kas ir starpprodukti citu sēra savienojumu sadalīšanās procesā. Rūpnieciskās sēra atradnes ir triju tipu: 1) vulkāniskās atradnes; 2) atradnes, kas saistītas ar sulfīdu oksidēšanos; 3) nogulumu atradnes. Vulkaniskās atradnes sastopamas Itālijā, Japānā, Čīlē, Kamčatkā un Kaukāzā. Sēra atradnēs, kas saistītas ar sulfīdu oksidēšanos, sēra rašanās notiek sekojošā reakcijā:



Vislielākā nozīme ir sēra atradnēm, kas radušās veidojoties noguluma iežiem. Šajās atradnēs par izejvielu sēra ieguvei izmanto sērūdeņradi. Sērūdeņraža oksidēšanās notiek šādi:



Izmantošana. Sēru un tā ķīmiskos savienojumus plaši lieto rūpniecībā un lauksaimniecībā. Starp daudzajām izmantošanas nozarēm var minēt farmāciju, kā arī sprāgstvielu, minerālmēslu, sintētisko šķiedru, herbicīdu un insekticīdu ražošanu. Bez tam, sēru izmanto arī metalurģijā, plastmasu un papīra ražošanā, kā arī naftas attīrīšanā.

2.6. Sulfīdi un tiem radniecīgie minerāli

Sulfīdu tipam un tiem radniecīgiem minerāliem pieskaitām metālu savienojumus ar sēru, selēnu, telūru, arsēnu un antimonu. Visizplatītākie no sēra savienojumiem ir metālu sulfīdi, kuri ir daudzu krāsainu metālu rūdu veidojošie minerāli.

Sulfīdu tips un tiem radniecīgie veidojumi aptver 745 minerālus, kas pēc savas masas (pēc akadēmiķa V.Vernadska aprēķina) sastāda 0,15% no visas Zemes garozas masas. Lielāko daļu šī tipa minerālu var uzskatīt kā skābu H_2S , H_2Se , H_2Te sāļus. Lai

gan vienlaicīgi pastāv pēc sastāva sarežģītāki sulfīdi, kurus vienā gadījumā var uzskatīt par dubultsavienojumiem ($\text{Cu}_2\text{S}\cdot\text{CuS}_2$ - kovelīns, $\text{Cu}_2\text{S}\cdot\text{Fe}_2\text{S}_3$ - halkopirīts), bet citos par sulfosāļiem ($\text{Ag}_3[\text{SbS}_3]$ - pirargirīts, $\text{PbCu}[\text{SbS}_3]$ - burnonīts utt.). Sastopami arī minerāli, kuros metāli nesavienojas ne ar sēru, bet gan ar arsēnu un antimonu. Šādas minerālus sauc par arsenīdiem un antimonīdiem (piem., NiAs - niķelīns, NiSb - breithauptīts).

Lielā daļa šī tipa minerālu veido izomorfus maisījumus - cietos šķīdumus. Savstarpējās šķīdības koncentrācijas robežas parasti ir nelielas. Kā šādi piemēri ar nelielu savstarpējo šķīdību minami FeS šķīšana ZnS, CdS un MnS šķīšana ZnS. Tomēr dažiem sulfīdu tipa minerāliem ir neierobežota savstarpējā šķīdība (piem., CuS-CuSe, HgS-HgSe, $\text{CoAs}_2\text{-NiAs}_2$ u.c.).

Sulfīdu un tiem tuvu stāvošo minerālu kristālu struktūrās anjoni (sērs, arsēns, selēns, telūrs un antimons) izkārtājušies pēc kubiskā vai heksagonālā blīvā sakārtojuma principa, kura tukšumos izvietājušies katjoni - metālu joni. Sulfīdos ķīmiskā saite pārsvarā ir kovalentā vai pārejas no kovalentās uz jonu un metālisko. Katjoni kristālu struktūrās visbiežāk ir 4 un 6 koordinācijā.

Sulfīdu tipa minerāli visbiežāk kristalizējas augstākā un vidējā kategorijā. Izņēmums ir sulfosāļi, kuri kristalizējas zemākās kategorijās. Labi izveidotas kristālu formas (heksaedrs, pentagondodekaedrs) novērojamas dzelzs, niķeļa, kobalta, cinka, svina sulfīdiem. Sulfosāļi parasti veido dažādus agregātus, starp kuriem visbiežāk izplatītie ir graudainie, šķiedrainie un zvīņainie.

Daudzi sulfīdi ir krāsaini. To krāsa bieži var būt nozīmīga diagnostikas pazīme. Minerāli, kas satur Pt, Ni, Co, daļēji Fe ir sudraba balti un tērauda balti. Dzelzs un vara saturošo minerālu krāsa ir misiņa dzeltena. Sudraba, svina un dažiem zeltu saturošiem minerāliem ir svina pelēka krāsa. Citrona dzeltena un no sarkanās līdz oranžai krāsai piemīt arsēna sulfīdiem, tumši sarkana - dzīvsudraba sulfīdam HgS - cinobram.

Sulfīdi parasti ir nekauspīdīgi minerāli ar metālisku spīdumu. Causpīdīgu sulfīdu paveidi sastopami reti. Pie tādiem pieskaitāmi sfalerīts $\alpha\text{-ZnS}$, vjircīts $\beta\text{-ZnS}$, cinobrs HgS, realgārs As_4S_4 .

Lielākai daļai sulfīdu ir augsta gaismas atstarošanas spēja (50-35%) un atstarotā gaismā mikroskopā parāda baltu vai pelēku krāsu.

Parasti novērojama laba skaldnība.

Cietība ir samērā neliela, t.i., no 2 - 4. Dažiem minerāliem tā pazeminās no 1 līdz 2 (molibdenīts MoS_2 , kovelīns CuS, realgārs As_4S_4 , auripigments As_2S_3), bet persulfīdiem paaugstinās no 5 - 7.

Blīvums parasti ir virs 4, tikai arsēna sulfīdiem (auripigmentam un realgāram) pazeminās līdz 3,5.

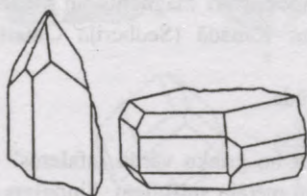
Vairākiem sulfīdiem piemīt pusvadītāja īpašības, bet minerāli, kuros ir metāliskā saite, uzrāda vadītāja un magnētiskās īpašības.

Lielākā daļa sulfīdu izveidojušies hidrotermālos apstākļos. Fe, Ni un daļēji Cu sulfīdi (pirotīns FeS, pentlandīts $(\text{Fe,Ni})_9\text{S}_8$, halkopirīts CuFeS_2) ir izveidojušies galvenokārt bāziskos magmatiskos iežos, tātad tiešā magmatiskā stadijā.

Sulfīdu minerālus saturošās rūdas galvenokārt izmanto dažādu krāsaino metālu ieguvei. Dzelzs persulfīdu pirītu (FeS_2) un pirotīnu (FeS) izmanto sērskābes ieguvei. Nedaudz sulfīdus izmanto arī krāsu ražošanai.

Niķelīns NiAs *Ķīmiskais sastāvs.* Ni – 43,9 %, As – 56,1 %. Kā piemaisījums var saturēt Fe un S, reizēm arī Sb un Co.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 2$. Heksagonāls. Simetrija L_66L_27PC .



Agregāti un habituss. Parasti niķelīns eksistē blīvu sakopojumu veidā, reizēm veido nierveida vai dendrīta agregātus. Niķelīna kristāli sastopami ļoti reti, tiem raksturīgie habitusi parādīti 109.attēlā.

Fizikālās īpašības. Blīvums 7,58-7,6 (g/cm^3); cietība 5-5,5 (pēc Moosa); skaldnība – vāja; krāsa – gaiša vara sarkana; svītras krāsa – brūni melna; spīdums – metālisks; atstarošanas spēja – 53-54%; labs elektrības vadītājs.

109.attēls. Minerāla niķelīna kristāla habituss.

Diagnostikas pazīmes. Raksturīga blāva vara sarkana krāsa ar zaļiem plankumiem. Galvenās līnijas rentgenogrammās (Å): 2,6552; 1,958; 1,806. Šķīst karaļūdenī. Karsējot izdalās arsēna oksīds dūmu veidā ar stipru ķiploku smaku. Karsējot slēgtā caurulītē, uz aukstām tās sienām veidojas arsēna spogulis.

Mākslīgā ieguve. Niķelīnu iegūst, iedarbojoties ar H_2S un arsēnpaskābes tvaikiem uz $NiCl_2$ sarkankvēlē, kā arī, karsējot Ni un As pulveri līdz baltkvēlei.

Veidošanās un sastopamība. Niķelīns sastopams hidrotermālās kobalta-niķeļsudraba un urāna-bismuta atradnēs asociācijās ar niķeļa un kobalta sulfīdiem un arsenīdiem, kā arī tūrradņu bismutu, sudrabu u.c. minerāliem. Lielākās niķelīna atradnes zināmas Kanādā (Kobalta Ontario provincē) un Rūdu kalnos. Niķelīns sferoidālu veidojumu veidā ar koncentrisku uzbūvi sastopams Japānā, kā arī dažās atradnēs Vācijā un Francijā.

Izmantošana. Kā niķeļa rūdu niķelīnu iegūst kobalta-niķeļsudraba un urāna-bismuta atradnēs.

Pentlandīts (Fe, Ni) $_9$ S $_8$ Nosaukts minerāla atklājēja Dž.Pentlanda vārdā. Sinonīms – dzelzs-niķeļa kolčedāns.

Ķīmiskais sastāvs. Fe – 32,55 %, Ni – 34,22 %, S – 33,23 %. Parasti kā piemaisījumu satur līdz 3,0 % Co.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 4$. Kubisks. Simetrija $3L_44L_36L_29PC$.

Agregāti un habituss. Pentlandīts labi izteiktu kristālu veidā dabā nav atrasts. Parasti sastopams masīvos vai graudainos agregātos.

Fizikālās īpašības. Blīvums 4,6-5,0 (g/cm^3); cietība 3,5-4 (pēc Moosa); skaldnība – laba; krāsa – spilgta bronzas dzeltena; svītras krāsa – gaiša bronzas brūna; spīdums – metālisks; atstarošanas spēja – 51 %; labs elektrības vadītājs.

Diagnostikas pazīmes. Gandrīz vienmēr pentlandīts cieši asociējas ar pirotīnu, kam ļoti līdzīgs gan pēc cietības, blīvuma, krāsas un svītras krāsas. Galvenās līnijas rentgenogrammā (Å): 3,03; 1,95; 1,77. Šķīst HNO_3 , nokrāsojot šķīdumu zaļā krāsā.

Mākslīgā ieguve. Pentlandītu iegūst, sakausējot Fe, Ni un S grafiņa tīgelī ar atkārtotu S pievienošanu.

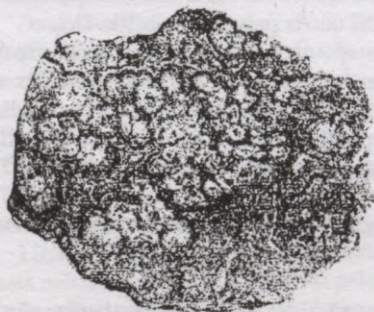
Veidošanās un sastopamība. Pentlandīts veidojas magmatiskā ceļā saistībā ar bāziskiem un ultrabāziskiem iežiem t.s. vara-niķeļa sulfīdu atradnēs kopā ar pirotīnu un halkopirītu. Parasti šajās atradnēs nelielos daudzumos ir arī magnetīts un platīna grupas minerāli. Lielas pentlandīta atradnes zināmas Kanādā (Sedberija Ontario provincē), kā arī Āfrikā (Bušvelde).

Izmantošana. Pentlandīts – niķeļa ieguves pamatrūda.

Sfalerīts ZnS Sfalerīts savu nosaukumu ieguvis no grieķu vārda „sfaleros” – mānīgais, jo pēc ārējā izskata nemaz nav līdzīgs citiem metālu sulfīdiem. Sinonīms – cinka māns.

Ķīmiskais sastāvs. Parasti satur Fe piemaisījumu (līdz 20%), kā arī Mn, Cd (dažreiz 2%), In, Ge, Tl. Izšķir vairākus sfalerīta paveidus: kleiofāns – gaišs vai bezkrāsains, gandrīz bez piemaisījumiem; marmatīts – melns ar Fe piemaisījumiem; pšibrāmīts – bagāts ar kadmiju; brunkīts – balts, zemjains, slēpti kristālisks.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 4$. Kubisks. Simetrija $3L_24L_36P$.



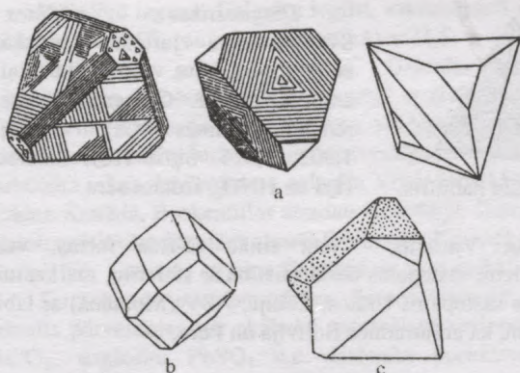
110.attēls. Sfalerīta koncentriski-zonālā uzbūve.

Fizikālās īpašības. Blīvums 3,5-4,2 (g/cm^3); cietība 3,5-4 (pēc Moosa); skaldnība – laba vienā plaknē; trausls; elektrību nevada; atstarošanas spēja ir zema – 17 %; krāsa – visbiežāk ir gaiši brūna līdz melnai, reti – zaļa vai sarkana, ko nosaka piemaisījumi, kuros galveno lomu spēlē Fe^{2+} joni. Zināmi arī pilnīgi bezkrāsaini paraugi; svītras krāsa – no baltas līdz brūnai.

Diagnostikas pazīmes. Sfalerītu var viegli noteikt pēc kristālu formas, krāsas un pilnīgās skaldnības. Galvenās līnijas rentgenogrammās (Å): 3,116; 1,908; 1,630. Šķīst HCl ar H_2S izdalīšanos un H_2SO_4 – ar sēra izdalīšanos.

Mākslīgā ieguve. Sfalerītu iegūst, laižot H_2S caur Zn šķīdumam slēgtā caurulītē un laižot H_2S virs sakarsēta ZnCl_2 .

Agregāti un habituss. Sfalerīts veido graudainus sakojumus, reizēm arī oolītus un koncentriski zonālus agregātus (sk. 110.att.). Bieži sfalerīts sastopams labi veidotu tetraedrisku vai dodekaedrisku kristālu formā (sk. 111.att.). Sastopami saauguma dvīņi, kā arī polisintētiskie dvīņi, kurus var labi saskatīt mikroskopā.



111.attēls. Minerāla sfalerīta kristālu habituss: a – tetraedriskais; b – dodekaedriskais; c – dvīnis.

Veidošanās un sastopamība. Sfalerīts galvenokārt veidojas hidrotermālā ceļā kopā ar galenītu. Dažas atradnes saistītas ar noguluma procesiem. Gandrīz 50 % no visa iegūtā cinka dod svina-cinka atradnes, kas atrodas kaļķakmens un dolomīta nogulumos. Šajās atradnēs sfalerīts atrodas kopā ar galenītu un pirītu. Tādas ir Karatau atradnes, kā arī atradnes Polijā un Misūri štātā ASV. Zaļie un sarkanie sfalerīti sastopami Čehijā, bezkrāsaini, labi veidoti sfalerīta kristāli – Binentālē Šveicē un Santenderā Spānijā.

Sairšana un pseidomorfozes. Uz Zemes virsmas sfalerīts ir nestabils un pāriet skābekļa savienojumos: goslarītā $Zn[SO_4 \cdot 7H_2O]$, smitsonītā $Zn[CO_3]$, hidrocinkītā $Zn[CO_3 \cdot 2Zn(OH)_2]$, villemītā $Zn_2[SiO_4]$ un kalamīnā $Zn_4(OH)_2[Si_2O_7] \cdot H_2O$.

Izmantošana. Sfalerīts ir galvenā cinka rūda. No sfalerīta iegūst retos metālus: kadmiju, indiju un galliju. Sfalerītu izmanto cinka baltuma, kā arī fluorescējošu ekrānu pagatavošanai. Parasti tiek apstrādātas bagātās rūdas, kurās cinka saturs ir līdz 8-10 %, lielās atradnēs cinka saturs sfalerītā var būt pazemināts.

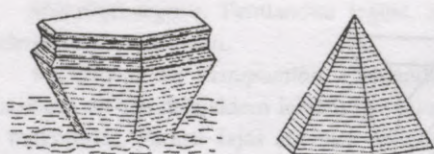
Vjurtcīts ZnS Nosaukts franču ķīmiķa Ādolda Vjurtca vārdā. Sinonīms – starainais cinka māns.

Ķīmiskais sastāvs ir tāds pats kā sfalerītam, tomēr vjurtcīts satur vairāk Cd (ar palielinātu Cd daudzumu vjurtcīts pāriet grinokītā CdS, ar kuru veido izomorfo rindu), kā arī Mn. Vjurtcīta paveids ir arī eritrocinkīts, kura sastāvā ietilpst mangāns.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 2$. Heksagonāls. Simetrija L_6P .

Agregāti un habituss. Parasti vjurtcīts veido šķiedrainus un starainus agregātus. Kristāli sastopami reti, parasti tie ir piramidāli vai īsi prizmatiski (sk. 112.att.).

Fizikālās īpašības. Blīvums 4,0-4,3 (g/cm^3); cietība 3,5-4 (pēc Moosa); skaldnība – vidēja; krāsa mainās no gaišas līdz tumši brūnai un melnai, atkarībā no dzelzs daudzuma; svītras krāsa attiecīgi mainās no bezkrāsainas līdz brūnai; spīdums – dimanta.



112.attēls. Minerāla vjurcīta kristālu habituss.

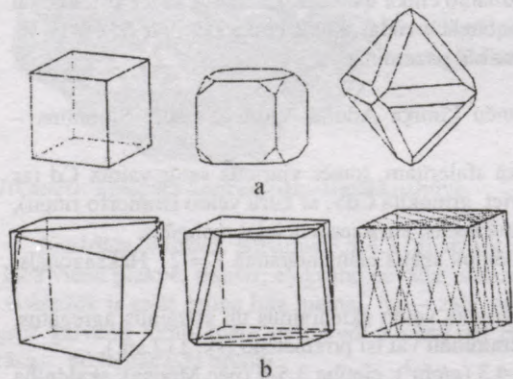
Veidošanās un sastopamība. Vjurcīts – reta cinka sulfīda forma, var izkristalizēties no skābiem šķīdumiem, sastopams ciešā saistībā ar sfalerītu, markazītu u.c. sulfīdiem. Nelielos daudzumos sastopams Urālos, Čehijā, ASV (Montānā) ar labi izveidotiem piramidāliem kristāliem, kā arī atradnēs Bolīvijā un Peru.

Galenīts PbS Nosaukums radies no latīņu vārda „galena”, kas nozīmē svina rūda. Sinonīms – svina spīde.

Ķīmiskais sastāvs. Pb – 86 %, S – 13,4 %, bieži satur Ag, Cu, Zn, dažreiz Bi, Fe, As u.c. elementu piemaisījumus, vairums no kuriem eksistē dažādu citu minerālu iekļāvumu rezultātā.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 4$. Kubisks. Simetrija $3L_44L_36L_29PC$.

Agregāti un habituss. Galenīts sastopams graudainu vai blīvu agregātu veidā. Kristāliem ir kubisks, kuboctaedrīks, retāk – oktaedrīks habituss (sk. 113.att. a). Parādās saauguma un caurauguma dvīņi, kuru rašanās saistīta ar plastiskām deformācijām (sk. 113.att. b). Atrasti galenīta saaugumi ar arsenopīrītu, tetradrītu, tīrdrāpu zeltu un burnonītu.



113.attēls. Minerāla galenīta kristālu habituss: a – vienkārši kristāli; b – saauguma un caurauguma dvīņi.

Diagnostikas pazīmes. Galenītam raksturīgs kristālu izometrīks apveids, agregātu graudainība, laba skaldnība, liels blīvums. Galvenās līnijas rentgenogrammās (Å): 2,965; 2,093; 1,324. Viegli šķīst HNO_3 , izdalot sērū un veidojot baltas $PbSO_4$ nogulsnes.

Diagnostikas pazīmes.

Svarīga ir vjurcīta optiskā anizotropija, kuru var noteikt tikai ar mikroskopu. Galvenās līnijas rentgenogrammās (Å): 3,107; 1,902; 1,625. Šķīst HCl , izdalot H_2S un HNO_3 , izdalot sērū.

Fizikālās īpašības.

Blīvums 7,4-7,6 (g/cm^3); cietība – 2-3 (pēc Moosa); skaldnība – laba trijās plaknēs; krāsa – svina pelēka; svītras krāsa – pelēki melna; spīdums – metālīks; trausls; atstarošanas spēja – 43 %.

Mākslīgā ieguve. Galenītu iegūst, sakausējot S un Pb, vai iedarbojoties uz svina šķīdumu vai $PbCl_2$ (augstā temperatūrā) ar H_2S .

Veidošanās un sastopamība. Galenīta atradnes galvenokārt veidojušās hidrotermālos procesos ciešā paraģenēzē ar sfalerītu, halkopirītu, pirītu un blāvo rūdu minerāliem. Dažas galenīta atradnes veidojušās nogulumu procesos ar sērūdeņraža līdzdalību. Galenīta atradnes ir dzīslveidīgas vai nenoteiktu formu veidojumi kalcija karbonāta iežos. Ievērojamas galenīta atradnes ir Misisipi upes ielejā ASV, Sulivanas atradne Kanādā, Brokenhilas atradne Austrālijā. Galenīta minerāla kristāli ar pareizām kristalogrāfiskām formām atrasti Freibergā. Krievijā galenīta atradnes zināmas Altajā, Aizbaikālā, Sadonas atradne Kaukāzā un Turlanskas atradne Vidusāzijā.

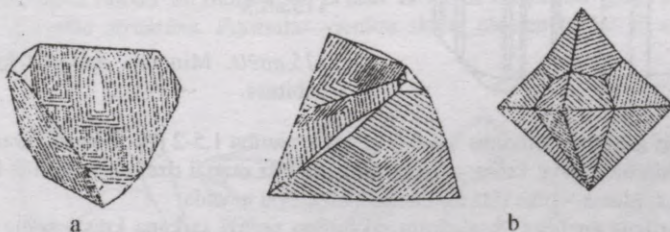
Sairšana un pseidomorfozes. Zemes virspusē, atmosfēras iedarbības rezultātā, galenīts pārveidojas par skābekli saturošiem savienojumiem: lithargītu PbO , cerusītu $PbCO_3$, anglesītu $PbSO_4$ u.c. Galenīta pseidomorfozes veido halkozīns Cu_2S , rodohrozīts $MnCO_3$, kvarcs SiO_2 , pirīts FeS_2 .

Izmantošana. Galenīts ir galvenā svina rūda. Parasti tiek izmantotas atradnes, kurās svina saturs nav mazāks par 3 %.

Halkopirīts $CuFeS_2$ Halkopirīta nosaukums norāda uz tā līdzību ar pirītu. Pirmā nosaukuma daļa radusies no grieķu vārda „halkos” – varš. Sinonīms – vara kolčedāns. Kā piemaisījumus satur Ag, Au, Tl.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 4$. tetragonāls. Simetrija L_42L_22P . Atrasta arī halkopirīta kubiska modifikācija – talnahīts (nosaukums cēlies no atradnes nosaukuma).

Agregāti un habituss. Visbiežāk halkopirīts veido vai nu graudainus, vai arī blīvus agregātus. Kristālu veidā sastopams reti. Kristāliem ir tetraedriska habituss (sk. 114.att. a). Halkopirīts veido saauguma dvīņus (sk. 114.att. b), kā arī likumsakarīgus saaugumus ar sfalerītu, blāvo rūdu un galenītu.



114.attēls. Minerāla halkopirīta kristāla habituss: a – vienkāršs kristāls; b – dvīņi.

Fizikālās īpašības. Blīvums 4,1-4,3 (g/cm^3); cietība 3,5-4 (pēc Moosa); skaldnība – vāja; trausls; vāja elektro vadāmība; krāsa – misiņa dzeltena, svītras krāsa – zaļi melna; spīdums – metālisks; necaurspīdīgs.

Diagnostikas pazīmes. Halkopirītam ir raksturīga kristāla forma, krāsa un nelielā cietība. Rentgenogrammās galvenās līnijas (Å): 3,03; 1,855; 1,586. Šķīst HNO_3 .

Mākslīgā ieguve. Halkopirītu iegūst, sakausējot pirītu ar vara sulfīdu, kā arī karsējot vara un dzelzs oksīdus H_2S atmosfērā.

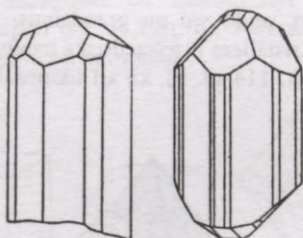
Veidošanās un sastopamība. Halkopirīta atradnes ir izveidojušās magmatiskos, hidrotermālos un noguluma procesos. Magmatiskas izcelsmes halkopirīts parasti ir atrodams bāziskajos iežos kā viena no vara dzelzs rūdām, kuros tas ir kopā ar pentlandītu, pirofīnu, magnetītu, niķeļa un kobalta arsenīdiem, platīnu, palādiju u.c. Lielākās magmatiskās izcelsmes atradnes ir Sedberijas atradne Kanādā un Bušveldas atradne Dienvidāfrikā. Lielākā daļa halkopirīta atradņu ir izveidojušās hidrotermālos procesos. Šāda tipa atradnes sastopamas Urālos (Turinskas atradne), Čīlē (Bradena atradne), Kazahstānā (Kounradas atradne), Uzbekistānā (Almalikas atradne) u.c. Noguluma procesa halkopirīts ir sastopams smilšakmeņos kā cementējoša viela. Pie šāda tipa atradnēm ir pieskaitāma Ktangi un Dienvidrodēzijas atradnes Āfrikā. Atsevišķi halkopirīta kristāli sastopami Kornvelas atradnē Anglijā, Frenčkrīkas atradnē ASV Pensilvānijā.

Sairšana un pseidomorfozes. Zemes virspusē atmosfēras iedarbības rezultātā tas pārveidojas dažādos skābekli saturošos savienojumos. Halkopirīts veido halkozīna un calcīta pseidomorfozes.

Izmantošana. Halkopirīts ir nozīmīga vara rūda. Tiek izmantotas rūdas, kurās vara saturs nav mazāks par 0,5 %.

Realgārs As_4S_4 Nosaukums tulkojumā no arābu valodas nozīmē – rūdu pulveris. Ķīmiskais sastāvs. As – 70,1 %; S – 29,9 %.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 4$. Monoklīns. Simetrija L_2PC .



Agregāti un habituss. Realgārs parasti sastopams graudainu sakopojumu, uzslāņojumu, zemjainu birstošu masu vai kristālu veidā. Kristālu forma ir īsi prizmatiska (sk. 115.att.).

115.attēls. Minerāla realgāra kristāla habituss.

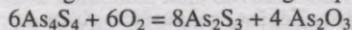
Fizikālās īpašības. Blīvums 3,4-3,6 (g/cm^3); cietība 1,5-2 (pēc Moosa) (var griezt ar nazi); skaldnība – laba; krāsa – uguns sarkana līdz oranži dzeltenai; svītras krāsa – gaiši oranža; spīdums – piķa līdz taukainam; elektrību neveda.

Diagnostikas pazīmes. Realgāram raksturīga oranži sarkana krāsa, zema cietība un tipiska paraģenēze ar auripigmentu. Galvenās līnijas rentģenogrammās (Å): 3,166; 2,931; 2,717. Šķīst karajūdenī, izdalot sēru, kā arī uzkarstētā KOH.

Mākslīgā ieguve. Realgāru iegūst, sakausējot As un S, sadedzinot rūdas, kas tos satur.

Veidošanās un sastopamība. Realgārs veidojas hidrotermālos apstākļos kopā ar auripigmentu. Labi izveidojušies realgāra kristāli sastopami Luhumskas atradnē Rietumgruzijā, Merkūras atradnē Jūtas štatā un Hatčelas atradnē Nevadas štatā ASV.

Sairšana. Gaisa un gaismas ietekmē realgārs pakāpeniski oksidējas saskaņā ar reakciju:



Pāriet dzeltenā auripigmenta un arsenolīta maisījumā.

Izmantošana. Realgāru izmanto kā izejvielu As_2O_3 iegūšanai.

Millerīts NiS Minerāls nosaukts angļu mineraloga V. Millera (1801-1880) vārdā. Sinonīms – mataināis kolčedāns. Kā piemaisījumi sastopami Fe, Co Cu.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 9$. Trigonāls. Simetrija L_33P .

Agregāti un habituss. Veido radiāli adatānus un matainus, retāk graudainus agregātus.

Fizikālās īpašības. Blīvums – 5,2-5,6 (g/cm^3); cietība 3-4 (pēc Moosa); skaldnība – laba; krāsa – misiņa dzeltena; svītras krāsa – zaļi melna; spīdums – metālisks; necaurspīdīgs; trausls; labs elektrības vadītājs; mikroskopā – pulētos plānslīpējumos stipri anizotropi; atstarošanas spēja – 55 %.

Diagnostikas pazīmes. Millerītam raksturīgi adatāni un mataini misiņa dzeltenas krāsas kristāli. Galvenās līnijas rentgenogrammās (Å): 2,792; 1,876; 1,117. Šķīst HNO_3 un karaļūdenī, nokrāsojot šķīdumu zaļā krāsā, kā arī izdalot sēru.

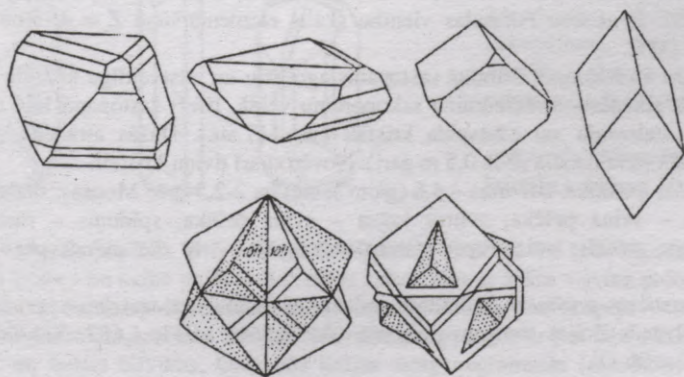
Mākslīgā ieguve. Millerītu iegūst laižot H_2S cauri $NiSO_4$ šķīdumam, kas paskābināts ar H_2SO_4 .

Veidošanās un sastopamība. Millerīts ir tipisks hidrotermāls veidojums. Pieskaitāms pie retiem minerāliem. Staraini millerīta kristālu agregāti kopā ar linneītu (Co_3S_4) un hersdorfitu ($Ni[AsS]$), galenītu (PbS) u.c. minerāliem sastopami sulfīdu dzīslās. Millerīts atrodams Rūdu kalnos Saksijā (Freiberga, Šnēberga), Kladno (Čehijā), Sārbrikenā (Vācijā), Berezovskas atradnē Urālos un Merteras-Tidvilas atradnē Velsā.

Izmantošana. Kopā ar citiem niķeli saturošiem sulfīdiem, millerītu izmanto kā niķeļa rūdu, ja niķeļa saturs tajā nav mazāks par 0,3 %.

Cinobrs HgS Nosaukuma izcelsme nav zināma. Tiek uzskatīts, ka nosaukums pārgājis slāvu valodā no Indijas, kur tā sauc sarkanos sveķus un “pūķa asinis”.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 3$. Trigonāls. Simetrija L_33L_2 .



116.attēls. Minerāla cinobra kristālu habituss.

Agregāti un habituss. Cinobrs sastopams graudainu sakopojumu, zemjainu un pulverveida uzslāņojumu, retāk kristālu veidā. Galvenās kristālu formas ir romboedri, pinakoīds, prizma (sk. 116.att.). Novēroti arī caurauguma dvīņi.

Fizikālās īpašības. Blīvums 8,09-8,2 (g/cm^3); cietība 2-2,5 (pēc Moosa); skaldnība – laba; krāsa – no spilgti sarkanas līdz brūni sarkanai; svītras krāsa – spilgti sarkana; spīdums – dimanta; puscaurspīdīgs; trausls.

Diagnostikas pazīmes. Cinobra raksturīga pazīme ir tā sarkanā krāsa, zemā cietība un liels blīvums. Galvenās līnijas rentgenogrammās (Å): 3,372; 2,8669; 2,074. Šķīst karalūdenī un kodīgo sārmu sulfīdu šķīdumos.

Mākslīgā ieguve. Cinobru iegūst pakāpeniski karsējot Hg un S maisījumu līdz viršanai un pēc tam tvaikus atzdesējot, kā arī, pievienojot koncentrētiem neitrāliem šķīdumiem nātrija tiosulfātu.

Veidošanās un sastopamība. Cinobrs ir tipisks zemtemperatūras hidrotermāla procesa minerāls. Visbiežāk viens pats vai kopā ar dzīvsudrabu atrodams smilšakmeņos vai kvarcītos slāņainā, dzīslu un štokverku veidā (sīkdzīslains vertikāls ieža tīlpums), jaunos vulkānu apvidos. Cinobrs parasti ir kopā ar antimonītu Sb_2S_3 , pīrītu FeS_2 , markazītu FeS_2 , realgāru As_4S_4 u.c. sulfīdiem. Nozīmīgākās ir Almadenas atradne Spānijā un Monte-Amatas atradne Itālijā. Tās veido Vidusjūras dzīvsudraba provinci, kur koncentrējušies 90 % visa dzīvsudraba. Kā turpinājums šai provincei ir Donbasa atradne Ukrainā, Aktaškas atradne Rietumsibīrijā, Vidusāzijā zināmā Haidarkenā atradne, Huanas atradne Ķīnā, kā arī atradnes Ziemeļamerikas kontinenta Rietumu krastā. Lieli cinobra dvīņu kristāli uz kvarca drūzām atrasti Ķīnā.

Sairšana un pseidomorfozes. Cinobrs ir samērā izturīgs pret ārējo iedarbību un tikai atsevišķos gadījumos tas pārveidojas par dzīvsudrabu un kalomelu Hg_2Cl_2 . Ir zināmas cinobra, pīrīta, antimonīta un dolomīta pseidomorfozes.

Izmantošana. Cinobrs ir vienīgā rūda, no kuras iegūst dzīvsudrabu. Izmanto rūdas, kurās dzīvsudraba saturs nav mazāks par 0,1 %.

Stibnīts Sb_2S_3 Nosaukums radies no latīņu nosaukuma „stibium” – alva. Sinonīms – antimonīts, alvas spīde.

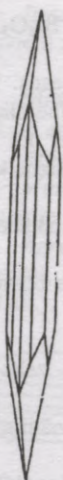
Ķīmiskais sastāvs. Sb – 71,4 %; S – 28,6 %. Reizēm satur arsēna piemaisījumus.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 4$. Rombisks. Simetrija $3L_23PC$.

Agregāti un habituss. Stibnīts sastopams agregātu un adatveidīgu kristālu veidā, kā arī radiāli adatainu un šķīedrainu sakopojumu veidā. Bieži sastopami labi veidoti prizmatiski, stabveida vai adatveida kristāli (sk. 117.att.). Dažās atradnēs stibnīta kristāli var būt liela izmēra (līdz 0,5 m gari). Novēroti arī dvīņu kristāli.

Fizikālās īpašības. Blīvums – 4,6 (g/cm^3); cietība 2-2,5 (pēc Moosa); skaldnība – laba; krāsa – svina pelēka; svītras krāsa – svina pelēka; spīdums – metālisks; necaurspīdīgs; trausls; anizotrops; atstarošanas spēja – 40 %; piemīt pusvadītāja īpašības.

Diagnostikas pazīmes. Stibnītam raksturīgi adatveida, reizēm prizmatiski kristāli. Galvenās līnijas rentgenogrammās (Å): 3,566; 1,933; 1,687. Stibnīts šķīst HNO_3 , izdalot Sb_2O_3 .



Mākslīgā ieguve. Stibnītu iegūst laižot H_2S un HCl virs Sb_2O_3 $450^\circ C$ temperatūrā, kā arī H_2S šķīduma iedarbībā ar antimonu.

Veidošanās un sastopamība. Stibnīts veidojas zemtemperatūras hidrotermālos procesos. Kopā ar kvarcu tas veido dzīslas un iegulas, kurās sastopams fluorīts CaF_2 , cinobrs HgS , volframīts $(Fe, Mn)[WO_4]$ un šēlīts $Ca[WO_4]$.

Ievērojamas stibnīta atradnes ir Išinokavā (Sikoku salā Japānā) un Ķīnā. Krievijā stibnītu iegūst Razdoļņinskas atradnē Krasnojarskas apgabalā, Fergānā Uzbekistānā, Nīkitovkas atradnē Donbasā u.c.



117.attēls. Minerāla stibnīta kristālu habituss.

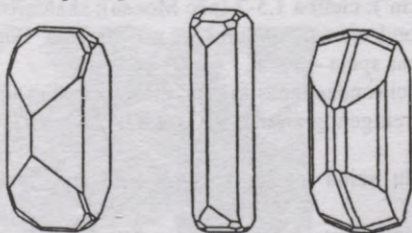
Sairšana. Oksidēšanās zonā no stibnīta veidojas citi antimonu saturoši minerāli.

Izmantošana. Stibnīts ir galvenā antimona rūda. Izmanto rūdas, kurās minimālais antimona saturs ir 1-2 %.

Bismutinīts Bi_2S_3 Nosaukumu ieguvis, jo satur bismutu. Sinonīms – bismutīns, bismuta spīde.

Ķīmiskais sastāvs. Bi – 81,3 %; S – 18,7 %. Sastopami Pb, Sb un Fe piemaisījumi.

Minerāla struktūra. Struktūras vienību skaits elementāršūnā $Z = 4$. Rombisks. Simetrija $3L_23PC$.



Agregāti un habituss.

Bismutinītam raksturīgi blīvi graudaini, dažreiz staraini sakopojumi, vai pagarināti kristāli, kuros novērojamas prizmas un pinakoīda formas.

118.attēls. Minerāla bismutinīta kristālu habituss.

Fizikālās īpašības. Blīvums 6,4-6,8 (g/cm^3); cietība 2-2,5 (pēc Moosa); skaldnība – laba; krāsa - no svina pelēkas līdz alvas baltai; svītras krāsa – svina pelēka; spīdums – metālisks; necaurspīdīgs; elektrību nevada; augsta atstarošanas spēja – 40 %.

Diagnostikas pazīmes. Bismutinīta raksturīga pazīme ir ļoti labā skaldnība, zemā cietība un lielais blīvums. Galvenās līnijas rentgenogrammās (Å): 3,50; 3,08; 2,79. Viegli šķīst HNO_3 , ar ūdeni atšķaidītā šķīdumā rodas baltas nogulsnes.

Mākslīgā ieguve. Bismutinītu iegūst H_2S un HCl laižot pāri uzkaršētam Bi_2O_3 , kā arī, sakausējot bismutu ar sēru.

Veidošanās un sastopamība. Bismutinīts veidojas hidrotermālos procesos. Tas asociējas ar kasiterītu SnO_2 , volframītu $(Fe, Mn)[WO_4]$, sulfīdiem u.c. minerāliem. Lielākās bismutinīta atradnes ir Tasnas un Čorolkas atradnes Bolīvijā, kā arī Sjerrodepasko atradne Peru. Zināmas arī bismutinīta atradnes Vidusāzijā, Aizbaikālā un Urālos.

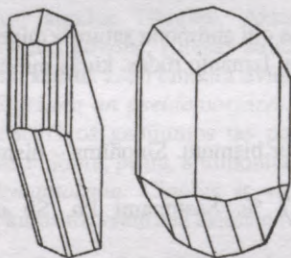
Sairšana. Oksidēšanās zonā bismutinīts pārveidojas par bismuta skābekļa savienojumiem.

Izmantošana. Bismutinīts ir galvenā bismuta rūda. Izmanto rūdas, kurās bismuta saturs nav mazāks par 0,5 %.

Auripigments As_2S_3 Nosaukums radies no latīņu vārdiem „aurum” – zelts un „pigmentum” – krāsa. Orpiments – nosaukums angļu valodā.

Ķīmiskais sastāvs. As – 61 %; S – 39 %. Satur selēna, antimona, vanādijs un germānija piemaisījumus.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 4$. Monoklīns. Simetrija L_2PC .



Agregāti un habituss. Parasti auripigments sastopams lapveida, stabveida un graudainu sakopojumu, kā arī pulverveida, radiāli adatainu un šķiedrainu agregātu, arī kristālu veidā. Auripigmenta kristāliem ir prizmatiskais habituss (sk. 119.att.), bieži ar izkropļotām skaldnēm.

119.attēls. Minerāla auripigmenta kristālu habituss.

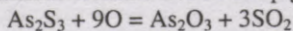
Fizikālās īpašības. Blīvums 3,4-3,5 (g/cm^3); cietība 1,5-2 (pēc Moosa); skaldnība – ļoti laba; krāsa un svītras krāsa – citrondzeltena; spīdums – no dimanta līdz pusmetāliskam; caurspīdīgs; vidēja atstarošanas spēja – 26 %.

Diagnostikas pazīmes. Viegli pazīt pēc citrondzeltenās krāsas, mazās cietības un diezgan labās skaldnības. Galvenās līnijas rentgenogrammās (Å): 4,82; 2,83; 2,71. Šķīst sārmos, karaļūdenī un sālsskābē.

Mākslīgā ieguve. Auripigmentu kristālu veidā iegūst, karsējot zem spiediena arsēnskābi kopā ar H_2S .

Veidošanās un sastopamība. Auripigments veidojies zemtemperatūras hidrotermālos procesos. Parasti vienlaicīgi ar auripigmentu veidojies arī realgārs As_4S_4 , stibnīts Sb_2S_3 , markazīts FeS_2 un pirīts FeS_2 . Nelielos daudzumos auripigments kopā ar sēru izveidojas sublimācijas procesā uz vulkānu krāteru sienām vai eksogēnā procesā zemjainu sūbējumu veidā akmeņogļu un brūnās dzelzsrūdas raktuvēs. No formu viedokļa, labi auripigmenta kristāli atrodami Dienvidgruzijā Luhumskas atradnē, Maķedonijā Allaharas atradnē, ASV Jūtas štatā.

Sairšana. Gaisa un gaismas ietekmē notiek auripigmenta oksidēšanās saskaņā ar sekojošu reakciju



Izmantošana. Auripigmentu no lielāka apjoma sakopojumiem izmanto kā izejvielu arsēna oksīda As_2O_3 , kā arī dzeltenas krāsas izejvieli.

Molibdenīts MoS_2 Nosaukums radies no grieķu vārda „molibdos” – svins (sakarā ar svina pelēko krāsu). Sinonīms – molibdēna spīde.

Ķīmiskais sastāvs. Mo – 60 %; S – 40 %. Parasti satur Re.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 2$. Heksagonāls. Simetrija L_66L_27PC .

Agregāti un habituss. Parasti sastopami zvīņveida un lapveida molibdenīta agregāti, kā arī heksagonāli tabletveida, reizēm saīsināti vai majveida kristāli (sk. 120.att.).



120.attēls. Minerāla molibdenīta kristālu habituss.

Nereti sastopami sferolītveida sakopojumi, kā arī sīkdispersi agregāti kvarcā. Reti sastopami arī dvīņu kristāli.

Fizikālās īpašības. Blīvums 4,7-5,0 (g/cm^3); cietība – 1 (pēc Moosa); skaldnība – ļoti laba; krāsa – svina pelēka; svītras krāsa – pelēka, bieži ar zaļu nokrāsu; spīdums – metālisks; necaurspīdīgs; piemīt neliela elektrovadītspēja, kas palielinās, karsējot; augsta atstarošanas spēja – 40%.

Diagnostikas pazīmes. Svina pelēkā krāsa, tipisks metālisks spīdums, ļoti zemā cietība un pilnīga skaldnība labi raksturo molibdenītu. Galvenās līnijas rentgenogrammās (Å): 2,045; 1,826; 1,534. Grūti šķīst HNO_3 un karajūdenī, veidojot baltas MoO_3 nogulsnes.

Mākslīgā ieguve. Molibdenītu iegūst, iedarbojoties ar S un H_2S tvaikiem uz sakarsētu MoO_3 , kā arī tiešā Mo un S reakcijā.



121.attēls. Molibdenīta kristāli no Kingsgeitas atradnes Austrālijā.

Veidošanās un sastopamība.

Molibdenīta atradnes veidojušās hidrotermālā procesā un tās ir ģenētiski saistītas ar skābajiem iežiem (granītiem un granodiorītiem). Šajās atradnēs molibdenīts atrodas kvarca dzīslās vai apkvarcojušos iežos asociācijā ar pirītu un halkopirītu. Skamos tas mēdz būt kopā ar volframītu $(Fe,Mn)[WO_4]$, kasiterītu SnO_2 , šēlītu $Ca[WO_4]$ vai bismutīnu Bi_2S_3 . Lieli labi veidoti molibdenīta kristāli sastopami Kingsgeitā Austrālijā (sk. 121.att.) un Ņūdžersijā ASV. Lielas molibdenīta atradnes ir Jūtas un Kolorādo štatos ASV, kas nodrošina apmēram 55-60% no visas pasaules molibdēna ieguves.

Sairšana un pseidomorfozes. Oksidēšanās zonā molibdenīts visbiežāk veido povelīta $\text{Ca}[\text{MoO}_4]$ pseidomorfozes.

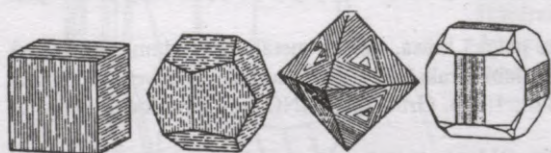
Izmantošana. Molibdenīts ir vienīgā rūpnieciskā molibdēna rūda. Molibdēnu iegūst no iežiem, kuros tā saturs nav mazāks par 0,1 – 0,04 %.

Pirīts FeS_2 Nosaukumu ieguvis no grieķu vārda „pir” – uguns, iespējams tāpēc, ka, uzsitot pa to ar metālisku priekšmetu, izlec dzirksteles.

Ķīmiskais sastāvs. Fe – 46,6 %; S – 53,4 %. Pirīts satur kobalta, niķeļa, vara un mangāna piemaisījumus, kā arī arsēna un antimona, reizēm arī zelta un sudraba zīmes. Ir pamats domāt, ka zelts un sudrabs, kas sastopams pirītā, atrodas tajā sīkdispersā stāvoklī.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 4$. Kubisks. Simetrija $3L_24L_33PC$.

Agregāti un habituss. Pirīts bieži sastopams lielu graudainu blīvu sakopojumu, kas zināmi ar nosaukumu kolčedāna iegulas, kā arī nierveida vai staraini koncentrisku agregātu un kristālu veidā. Pirīta kristāliem ir kubisks, pentagondodekaedrisks vai arī oktaedrisks habituss (sk. 122.att.). Ļoti bieži sastopamas kuba un pentagondodekaedra kombinācijas. Pirīta kristālu izmēri bieži sasniedz vairāku centimetru lielumu. Reizēm uz pirīta kristāliem novērojami caurauguma dvīņi. Zināmi arī epitaktiski saaugumi ar kovelīnu $\text{Cu}_2\text{S}\cdot\text{CuS}_2$, arsenopirītu $\text{Fe}[\text{AsS}]$, markazītu FeS_2 un tetraedrītu $(\text{Cu}_{10}\text{Cu}_2)_{12}\text{S}[\text{SbS}_3]_4$.



122.attēls. Minerāla pirīta kristāla habituss.

Fizikālās īpašības. Blīvums 4,9-5,2 (g/cm^3); cietība 6-6,5 (pēc Moosa); skaldnība – vāja; krāsa – spilgta līdz misiņa dzeltenai; svītras krāsa – tumši brūna vai zaļi melna; spīdums – metālisks, īpaši spēcīgs uz kristāla skaldnēm; trausls; vāji vada elektrību; augsta atstarošanas spēja – 53 %.

Diagnostikas pazīmes. Pirītu var viegli pazīt pēc krāsas, kristālu formas un lielās cietības. Galvenās līnijas rentgenogrammās ir (Å): 2,696; 1,629; 1,040. Sālsskābē nešķīst, plāna kārtiņā šķīst HNO_3 . Viegli atdod daļu sēra, degot ar gaišzilu liesmu.

Mākslīgā ieguve. Mākslīgi pirītu iegūst, iedarbojoties FeCl_3 un H_2S tvaikiem sarkankvēlē, reducējot FeSO_4 šķīdumu ar organiskiem savienojumiem vai arī, karsējot daudzus dzelzs savienojumus H_2S atmosfērā.

Veidošanās un sastopamība. Pirīts veidojas dažādos ģeoloģiskos procesos. Tas sastopams magmatiskos iežos kā akcesorais minerāls, kontakta metasomatiskos veidojumos, hidrotermālās dzīslās un tipiskos noguluma iežos. Hidrotermālās atradnēs pirīts parasti ir kopā ar citiem sulfīdiem, tādiem kā galenītu PbS , sfalerītu ZnS , halkopirītu CuFeS_2 , kā arī barītu BaSO_4 , kvarcu SiO_2 u.c. minerāliem. Pirīts ir nozīmīgs minerāls ne tikai rūdās, bet arī ietvērējiežos. No hidrotermālā pirīta veidojumiem visnozīmīgākās ir kolčedāna iegulas, kurās tas sastopams kopā ar halkopirītu u.c. sulfīdiem. Kolčedāna iegulās minerāla pirīta saturs ir ap 70-90 %. Šīs

iegulas nelielā daudzumā satur arī zeltu. Noguluma izcelsmes atradnēs pirīts veido konkrēcijas, kunkuļus un organisko palieku pseidomorfozes. Lielas kolčedāna pirīta atradnes ir Urālos un Spānijā. Noguluma izcelsmes pirīta atradnes ir Novgorodas apgabalā un Piemaskavas ogļu baseinā.

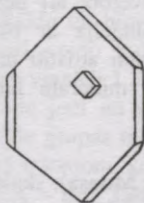
Sairšana. Uz Zemes virsmas pirīts ir nestabils. Atmosfēras iedarbības rezultātā pirīts pārveidojas par dzelzs hidroksīdiem un bieži tie izveido pirīta pseidomorfozes. Pirīts veido organisko palieku, magnetīta, hematīta u.c. dzelzi saturošo minerālu pseidomorfozes.

Izmantošana. Pirīta rūdas ir galvenā izejviela sērskābes ieguvei. Pašlaik izmanto rūdas, kurās sēra saturs ir 35-50 %. Kaitīgi piemaisījumi ir arsēna savienojumi.

Markazīts FeS_2 Nosaukums markazīts cēlies no arābu valodas, tā sauca pirītu un markazītu.

Ķīmiskais sastāvs. Fe – 46,6 %; S – 53,4 %. Nelielos daudzumos satur As, Sb, Tl u.c. elementus.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 2$. Rombisks. Simetrija $3L_23PC$.



123.attēls. Minerāla markazīta kristāls ar uz tā uzaugušu pirīta kristālu.

Agregāti un habituss. Markazīts sastopams kunkuļu, kā arī zobeneida kristālu saaugumu veidā, reizēm veido radiāli šķiedrainus un masīvus agregātus. Markazīta kristāli galvenokārt ir tabletveida. 123.attēlā parādīts markazīta kristāls, uz kura skaldnes orientēti uzaudzis pirīta kubs. Markazīts bieži veido koncentriski zonālus saaugumus, konkrēcijas un kunkuļus. Ļoti bieži tiek novēroti markazīta dvīņi. Markazītam raksturīgas zobainas formas. Zināmi markazīta epitaktiski saaugumi ar pirītu.

Fizikālās īpašības. Blīvums 4,6-4,9 (g/cm^3); cietība 6-6,5 (pēc Moosa); skaldnība – vāja; krāsa – misiņa dzeltena ar pelēcīgu vai zaļganu nokrāsu; svītras krāsa – tumša, zaļi pelēka; spīdums – metālisks; necaurspīdīgs; trausls; vājš elektrības vadītājs; plānslīpējumos – stipri anizotrops; atstarošanas spēja ir augsta – 55 %.

Diagnostikas pazīmes. Markazītam raksturīgs zobeneida un tabletveida kristālu apveids. Galvenās līnijas rentgenogrammās (Å): 2,690; 2,412; 1,754.

Mākslīgā ieguve. Markazītu iegūst pakāpeniski iedarbojoties ar H_2S uz dzelzs hlorīdu vai sulfātu temperatūrā, kas zemāka par $300^\circ C$.

Veidošanās un sastopamība. Markazīts galvenokārt veidojas hidrotermālos procesos. Visbiežāk kristalogrāfisko formu veidā tas sastopams drūzās, vai kā uzsūbējums uz kvarca vai citu sulfīdu kristāliem. Hidrotermālā procesā markazīts parasti izveidojas no skābiem koloidāliem vai īstiem minerālus veidojošiem šķīdumiem. Parastajā temperatūrā markazīts veidojas no gandrīz neitrāliem šķīdumiem. Hidrotermālais markazīts parasti ir kopā ar kvarcu, pirītu, galenītu, sfalerītu u.c. sulfīdiem. Markazīts atrodams Dienvidurālu kolčedāna iegulās Krievijā, Klausthāles atradnē Vācijā un citur.

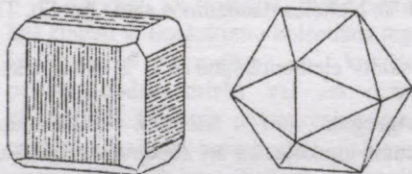
Sairšana. Uz Zemes virsmas atmosfēras iedarbības rezultātā sairst ātrāk nekā pirīts. No markazīta izveidojas dzelzs sulfāts un sērskābe. Nepietiekoša skābekļa gadījumā no markazīta var izveidoties sērs. Sairšanas gala rezultātā no markazīta izveidojas brūnā dzelzsrūda.

Izmantošana. Lielus markazīta sakopojumus izmanto sērskābes ieguvei.

Kobaltīts $\text{Co}[\text{AsS}]$ Nosaukumu ieguvis no sastāva, jo satur kobaltu. Sinonīms – kobaltīns.

Ķīmiskais sastāvs. Kobaltīts satur Co – 26-34 %; As 42-48 %; S – 18-21%. Satur dzelzs (līdz 16%), niķeļa un antimona piemaisījumus.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 4$. Kubisks. Simetrija $3L_24L_33PC$.



124.attēls. Minerāla kobaltīta kristālu habituss.

Agregāti un habituss. Kobaltīts sastopams graudainu un masīvu agregātu, kā arī kristālu veidā. Labi izveidojušies kobaltīta kristāli pēc ārējā izskata atgādina pirītu. Tiem ir oktaedrisks, kubisks un dodekaedrisks habituss, tāpat novērota arī pentagon-dodekaedra kombinācija ar oktaedru, kas parasti ir vienādi attīstīti un veido tipisku formu t.s. minerālu ikosaedru (sk. 124.att.).

Fizikālās īpašības. Blīvums 6-6,5 (g/cm^3); cietība 5-6 (pēc Moosa); skaldnība – vidēja; krāsa – balta vai tērauda balta; svītras krāsa – pelēki melna; vājš elektrovadītājs; spīdums – metālisks; augsta atstarošanas spēja – 51 %.

Diagnostikas pazīmes. Kobaltītam raksturīgi kristāli – ikosaedri, ar bāli rozā nokrāsu un augstu cietību. Galvenās līnijas rentgenogrammās (Å): 2,77; 2,59; 1,68. Šķīst HNO_3 ar sēra un arsēna oksīda izdalīšanos.

Veidošanās un sastopamība. Kobaltīta veidošanās saistīta ar hidrotermāliem procesiem. Visbiežāk tas sastopams kontakta metasomatiskos vai dzīslu veidojumos. Dzīslu tipa kobaltīts ir Kobaltas atradnē, kas atrodas Ontārio provincē Kanādā. Kontakta metamorfisma kobaltīts sastopams Daškesanskas atradnē Aizkaukāzā. Labi izveidojušies kobaltīna kristāli atrodami Tunabergas atradnē Zviedrijā un Kobaltas atradnē Kanādā.

Sairšana. Skābekļa ietekmē kobaltīts pārveidojas par zemjainu vai kristālisku eritrīnu $\text{Co}_3[\text{AsO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$.

Izmantošana. Kobaltīts ir viena no nozīmīgākām kobalta rūdām. Tiek izmantotas rūdas, kurās minimālais kobalta saturs ir 0,1 – 0,2 %.

2.7. Oksīdī un hidroksīdi

Oksīdi un hidroksīdi ir metālu un metalloīdu savienojumi ar skābekli vai hidroksila, t.i., (OH) grupu. Zināmi ap 150 minerāli, kuri pieskaitāmi oksīdiem vai hidroksīdiem. Pēc masas oksīdi un hidroksīdi Zemes garozā ir ap 5%. Šo minerālu

veidošanā piedalās 39 ķīmiskie elementi, no kuriem tikai pusei oksīdos un hidroksīdos ir būtiska nozīme. Apmēram 50 šīs grupas minerālus veido dzelzs. Raksturīgākie oksīdu veidotāji ir vājas bāzes vai vāju skābju anhidrīdi, sevišķi Al^{3+} , Fe^{3+} , Ti^{4+} . Magnijs praktiski vienmēr sastopams dubultoksīdos. Kalcijs un nātrijs - tikai dubultoksīdos, un arī tad - reti.

Elementi, kuri piedalās oksīdu un hidroksīdu veidošanā dabā, ir:

I grupa - H, Li, Na.

II grupa - Be, Mg, Ca, Ba.

III grupa - B, Al, Y, TR(57-71).

IV grupa - C, Si, Ti, Zr, Th, Sn, Pb.

V grupa - N, Nb, Ta, Sb, Bi.

VI grupa - O, S, Cr, Mo, W, U, Te.

VII grupa - F, R, Mn.

VIII grupa - Fe, Co, Ni, Pd.

No šīs grupas minerāliem izplatīts ir izomorfisms, veidojot cietos šķīdumus. Kā piemērus var minēt šādu minerālus: hematītu Fe_2O_3 , ilmenītu $FeTiO_3$, rutilu TiO_2 . Eksogēnās izcelsmes oksīdi, kas veidojušies no koloidāliem šķīdumiem, satur adsorbcijas piemaisījumus.

Oksīdu un hidroksīdu struktūru veidošanā noteicošie ir skābekļa un hidroksīda joni, kuri veido kubisko vai heksagonālo blīvo sakārtojumu. Šo jonu rādiusi ir apmēram vienādi 1,36 un 1,33 Å. Šādu blīvo sakārtojumu tukšumos izvietojas katjoni - pozitīvie joni un tāpēc to ietekme uz struktūras veidošanu ir neliela. Oksīdu un hidroksīdu grupas minerālu daudzveidību nosaka katjonu raksturs un to koordinācija. Pārsvārā ir katjoni, kuru jonu rādiusi ir robežās no 0,6 - 1,0 Å (novērojamas svārstības no 0,34 Å - Be^{2+} līdz 1,36 Å - Ba^{2+}) un koordinācijas skaitlis no 4 līdz 6. Šīs grupas minerālos starp struktūras daļiņām galvenokārt pastāv jonu saite (kovalentās saites daļa var mainīties robežās no 12 - 56%).

17.tabula

Galveno katjonu koordinācijas skaitļi dabiskos oksīdos

Koordin. skaitļi	Katjoni
4	$Be^{2+}, Mg^{2+}, Fe^{2+}, Mn^{2+}, Zn^{2+}, Cu^{2+}$
6	$Mg^{2+}, Fe^{2+}, Mn^{2+}, Ni^{2+}, Al^{3+}, Fe^{3+}, Cr^{3+}, U^{3+}, Ti^{4+}, Zr^{4+}, Sn^{4+}, Ta^{5+}, Nb^{5+}$
8	Zr^{4+}, Th^{4+}, U^{4+}
12	$Ca^{2+}, Na^+, Y^{3+}, Ce^{3+}, La^{3+}$

Oksīdu un hidroksīdu grupas minerālu ķīmiskās un fizikālās īpašības ir stabilas jonu saites kristāliskās uzbūves (struktūras) sekas. Tie ir ķīmiski izturīgi, šķīst tikai koncentrētā sālsskābē, parasti sadalās sakausējot ar sodu. Oksīdiem un hidroksīdiem ir paaugstināta cietība (6-9), liels blīvums, salīdzinoši augsts gaismas laušanas koeficients, kā arī augsta kušanas temperatūra. Šīs grupas minerālu blīvums mainās no 2,2 (hidrokaļumīts - $Ca_2Al(OH)_7 \cdot 3H_2O$) līdz 11,2 (montroidīts - HgO). Blīvuma maiņa notiek oksīdos un hidroksīdos atbilstoši katjonu atomu masas izmaiņai un atkarīga no to struktūras. Kā piemēru var minēt TiO_2 modifikācijas: rutilu (4,23), brukītu (4,14) un anatāzu (3,90). Skābekli nomainot ar hidroksilgrupu, blīvums samazinās. Piemēram,

korunda ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$) blīvums ir 4,02, bet diaspora $\text{AlO}(\text{OH})$ - 3,44, bemīta $\text{AlO}(\text{OH})$ - 3,01 un hidrargilīta $\text{Al}(\text{OH})_3$ - 2,40.

Oksīdiem skaldnība var būt dažāda, bet hidroksīdiem, kuru kristāliskais režģis ir vājāks, ir laba skaldnība paralēli struktūras kārtām.

Lielākai daļai šīs grupas minerālu piemīt izteikti tumša krāsa. Izņēmums ir Mg un Al oksīdi un hidroksīdi, kuri mēdz būt bezkrāsaini. Dažiem minerāliem piemīt paaugstināts magnētisms. Lielākā daļa oksīdu un hidroksīdu koncentrējas Zemes garozas virsējos slāņos, kas ir saskarē ar atmosfērā esošo skābekli. Skābekļa iespīšanās dziļumu Zemes garozā kontrolē pēc gruntsūdens līmeņa. Oksīdu un hidroksīdu veidošanās ķīmiskās reakcijas notiek galvenokārt sadēdēšanas zonā, kā arī minerālu atradņu oksidēšanās zonā. To veidošanās notiek arī ūdens baseinos - ezeros, jūrās, purvos. Šajās vietās izveidojas kā pēc sastāva, tā arī struktūras sarežģīti minerāli - dzelzs oksīdi un hidroksīdi (brūnās dzelzsrūdas), alumīnija oksīdi un hidroksīdi (boksīti) un mangāna oksīdi un hidroksīdi (vadi), kas ir nozīmīgas šo metālu rūdas.

Hidroksīdi gaisa sausos apstākļos var zaudēt ūdeni un pāriet bezūdens oksīdos. Metamorfisma procesā no hidroksīdiem var veidoties kristāliski graudaini bezūdens oksīdu agregāti. Endogēnos procesos veidojas ievērojami mazāk šo minerālu, tomēr dažiem no tiem ir ievērojama izplatība un nozīme.

Visus oksīdu un hidroksīdu grupas minerālus atkarībā no to struktūras, ķīmiskā sastāva un fizikālām īpašībām var iedalīt 5 grupās:

- 1) koordinācijas;
- 2) karkasa;
- 3) saliņu;
- 4) ķēdīšu;
- 5) kārtainos.

Ledus H_2O Ūdens H_2O cieto kristālisko agregātstāvokli sauc par ledu.

Ķīmiskais sastāvs. H - 11,2 %; O - 88,8 %. Zemes garozā, no izcelsmes vidokļa, sastopams dažāda veida ledus, kā upju, ezeru, jūru, grunts, firnu un gletčeru.

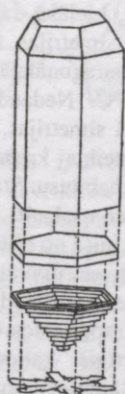
Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 12$. Heksagonāls. Simetrija L_6P .

Agregāti un habituss. Dabā ledus ir ļoti izplatīts minerāls. Visbiežāk ledus kristāli veido smalkgraudainus agregātus. Izplatīti ir arī sublimācijas tipa (veidojušies tieši no gāzveida stāvokļa) skeletu formu un dendrītu ledus veidojumi (sniega pārslas, ledus puķes uz stikla). Labi izveidojušies ledus monokristāli ir sastopami reti. No vienkāršām formām ledus kristālos izplatītākās formas ir heksagonālā prizma, heksagonālā dipiramīda un pinakoīds.

Fizikālās īpašības. Cietība - 1,5 (pēc Moosa); skaldnības nav; bezkrāsains, biežā slānī ir zilgans; spīdums - stiklains; caurspīdīgs; trausls.

Veidošanās un sastopamība. Ledus veidojas ūdens baseinos pazeminātā gaisa temperatūrā. Uz ūdens virsmas vispirms veidojas atsevišķi sīki adatveida kristāliņi, kas izveido plānu trauslu ledus kārtiņu, no kuras, perpendikulāri uz leju, izaug lielāki iegareni ledus kristāli ar heksagonālu simetriju. Attiecība starp dažādu formu ledus kristāliem, kas veidojušies dažādos apstākļos, parādīta 125.attēlā.

Ledus izveidojas visās planētas vietās, kur atrodas ūdens vai mitrums un temperatūra pazeminās zem 0°C .



- 1
- 2
- 3
- 4

Izmantošana. Ledu galvenokārt izmanto saldēšanas tehnoloģijās.

125.attēls. Attiecība starp ledus kristāliem, kas veidojušies dažādos apstākļos: 1 – prizmatisks ledus kristāls (veidojas lielā augstumā un lielā salā); 2 – tabletveida ledus (veidojas lielā salā); 3 – krūzītes veida ledus (veidojas mitrās alās); 4 – parasta sniegpārsla.

Badeleīts ZrO_2 Nosaukts J.Baddeleja (Joseph Baddeley) vārdā, kas pirmais atveda šo minerālu no Šrilankas. Sinonīms – brazīlīts, kaldasīts, reitingerīts.

Ķīmiskais sastāvs. Sastāv no Zr – 73,9 % un O – 26,1 %. Satur arī Hf, U, V, Th, Sc un Fe piemaisījumus.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 4$. Monoklīns. Simetrija L_2PC . Deformēta fluorīta tipa struktūra.

Agregāti un habituss. Badeleīts veido blīvus kunkuļveidīgus un šķiedrainus agregātus. Retāk veido sīkus atsevišķus plāksnīšveida vai tabletveida kristālus, kuri var veidot polisintētiskus dvīņus.

Fizikālās īpašības. Blīvums 5,4-6,02 (g/cm^3); cietība – 6,5 (pēc Moosa); krāsa – dzeltēta, brūna līdz melnai; spīdums – taukains līdz stiklainam; trausls.

Diagnostikas pazīmes. Badeleītam ir augsta kušanas temperatūra (ap $3000^\circ C$). Galvenās līnijas rentgenogrammā ir (Å): 3,16; 2,83; 2,61. HCl un HNO_3 nešķīst. Smalks pulveris sadalās karstā koncentrētā H_2SO_4 .

Mākslīgā iegūšana. Kausējot ZrO_2 borakā vai fosforskābes sāļi.

Veidošanās un sastopamība. Badeleīts sastopams galvenokārt kā akcesorais minerāls karbonatītos Kolas pussalā un Karēlijā, kā arī magnetītu un piroksēnu saturošos iežos Brazīlijā. Sastopams arī dimantu kļiedņos Brazīlijā u.c. dārgakmeņu kļiedņos Šrilankā. Uz Zemes virsmas ir stabils un sastopams kļiedņos.

Izmantošana. Badeleīts ir svarīga izejviela ZrO_2 u.c. cirkonija savienojumu ieguvei. To izmanto kā glazūru un emelju miglinātāju, kā arī lai iegūtu ugunsizturīgus tīģelus u.c. veida materiālus.

Špineļa grupa

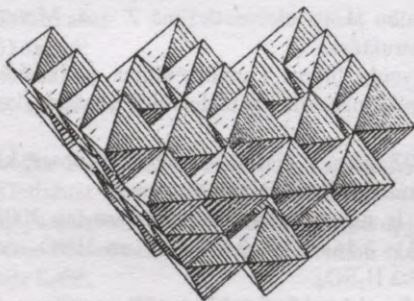
Špineļa grupai pieskaita dubultos oksīdus, kuru vispārīgā formula ir:

$R^{2+}O \cdot R_2^{3+}O_3$ jeb $R^{2+}R_2^{3+}O_4$, kur

R^{2+} - Mg^{2+} , Fe^{2+} , retāk Zn^{2+} , Mn^{2+} un Be^{2+} un ļoti reti Ni^{2+} , Co^{2+}

R^{3+} - Fe^{3+} , Al^{3+} , Cr^{3+} , Mn^{3+}

Špineļu grupas minerāliem piemīt dažas kopīgas īpašības. Lielākā daļa no tiem kristalizējas kubiskās singonijas heksaoktaedriskā klasē. To simetrijas formula ir $3L_44L_36L_29PC$. Tikai daži špineļu grupas minerāli kristalizējas tetragonālajā singonijā, piemēram, hausmanīts $MnMn_2O_4$, kura simetrija ir L_44L_25PC . Nedaudz atšķiras hrizoberils $BeAl_2O_4$, kas kristalizējas rombiskā singonijā un tā simetrijas formula ir $3L_23PC$. Visiem špineļa grupas minerāliem piemīt ļoti izteikta kristalogrāfiskā individualitāte, minerāli veido kristālus pārsvarā ar oktaedrisku habitusu. Starp špineļa minerālu kristāliem samērā bieži sastopami dvīņu kristāli. Var uzskatīt, ka špineļu kristālu struktūru veido skābekļa jonu blīvais sakārtojums, kurā puse no oktaedriskiem tukšumiem un $1/8$ no tetraedriskiem tukšumiem aizņemti ar divvērtīgiem un trīsvērtīgiem katjoniem. Atkarībā no tā kā katjoni ir sadalījušies pa oktaedriskiem un tetraedriskiem tukšumiem, špineļus iedala trīs tipos: normālos, apgrieztos un jauktos. Pie normāliem špineļiem pieskaita tādus, kuros divvērtīgie katjoni atrodas tetraedriskos, bet trīsvērtīgie – oktaedriskos tukšumos. Pie apgrieztiem špineļiem pieskaita tādus špineļus, kuros trīsvērtīgie katjoni atrodas tetraedriskos tukšumos un divvērtīgie – oktaedriskos tukšumos. Pie jauktiem špineļiem pieskaita tādus, kuros divvērtīgie un trīsvērtīgie katjoni aizņem tetraedriskos un oktaedriskos tukšumus sekojošā attiecībā: $(R^{2+}_{1-x}R^{3+}_x)$ – tetraedriskos tukšumos; $(R^{2+}_xR^{3+}_{2-x})$ – oktaedriskos tukšumos. Lielākā daļa dabisko špineļu ir normālā tipa špineļi.



126.attēlā parādīta špineļu kristāliskā struktūra. Šajā struktūrā skābekļa joni blīvi izvietojušies plaknēs, kas paralēlas oktaedra skaldnēm.

126.attēls. Špineļu kristāliskā struktūra.

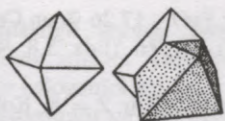
Špineļu fizikālās īpašības – ļoti vājo skaldnību, gliemežnīcas lūzumu, gaismas laušanas koeficientu, ķīmisko un termisko izturību, lielo cietību var izskaidrot ar špineļu struktūras īpatnībām.

Špinelis $MgAl_2O_4$ Nosaukums cēlies no latīņu vārda „spinnella”, kas nozīmē dzelonis jeb ērkšķis.

Ķīmiskais sastāvs. MgO – 28,2 %; Al_2O_3 – 71,8 %. Kā piemaisījumus satur Cr , Zn , Fe^{3+} , Mn^{2+} .

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 8$. Kubisks. Simetrija $3L_44L_36L_29PC$.

Agregāti un habituss. Veido atsevišķus kristālus vai nu ar oktaedrisku habitusu, vai arī nelielus saaugumus.



127.attēls. Minerāla špineļa kristāls un dvīnis.

Fizikālās īpašības. Blīvums 3,5-3,7 (g/cm³); cietība 7,5-8 (pēc Moosa); skaldnības nav; krāsa – sarkana, zila, zaļa, bezkrāsaina atkarībā no piemaisījumiem; spīdums – stiklains; no caurspīdīga līdz puscaurspīdīgam.

Diagnostikas pazīmes. Raksturīgi oktaedriski kristāli un liela cietība. Galvenās līnijas rentgenogrammās (Å): 2,44; 1,43; 1,05. Šķīst (grūti) tikai koncentrētā H₂SO₄.

Mākslīgā ieguve. Špineli iegūst no silikātu kausējumiem, kas satur MgO, Al₂O₃ un FeO, ar vai bez B₂O₃ klātbūtnes.

Veidošanās un sastopamība. Špinelis ir tipisks kontakta metasomatiskais minerāls, kas izveidojies pneimatolītiski hidrotermālos procesos kontakta vietās ar alumīnija savienojumu bagātiem un karbonātus saturošiem nogulumiežiem. Retāk minerāla špineļa kristāli izveidojušies tiešā magmatiskā stadijā un metamorfisma procesā. Pateicoties špineļa lielajai cietībai un labajai ķīmiskai izturībai, špinelis koncentrējies un saglabājies upju un jūru smiltīs. Špinelis mēdz būt asociācijā ar magnetītu, granātiem, piroksēniem, hlorītiem u.c. minerāliem. Špineļu dārgakmeņi atrodami Šrilankā (ceilonīts un sarkanais špinelis), Mjanmā, Afganistānā, Taizemē, Ziemeļurālos Krievijā. Visvairāk špineli iegūst Mogonas atradnē Mjanmas ziemeļos.

Izmantošana. Cēļšpineļus izmanto kā dārgakmeņus.

Franklinīts (Zn,Mn)Fe₂O₄ Nosaukums radies no atrašanas vietas ASV Ņūdžersijas štatā.

Ķīmiskais sastāvs. Franklinīts satur ZnO – 17,25 %; MnO – 15,04 %; Fe₂O₃ – 67,71 %, kā arī Mn³⁺ (līdz 14,8 %).

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā Z = 8. Kubisks. Simetrija 3L₄4L₃6L₂9PC.

Agregāti un habituss. Franklinīts sastopams blīvu graudainu agregātu veidā, reizēm sastopams kā rombododekaedriskā habitusa kristāli.

Fizikālās īpašības. Blīvums 5,07-5,22 (g/cm³); cietība 5,5-6,5 (pēc Moosa); skaldnības nav; krāsa – no melnas līdz brūni melnai; svītras krāsa – melna līdz sarkanbrūnai.

Veidošanās un sastopamība. Franklinīts sastopams skarnos kā kontakta metasomatiskais veidojums. Lielākās atradnes atrodas Ņūdžersijas štatā ASV (Franklina-Fernesa un Sterlinga-Hilla atradnes) un Zviedrijā.

Izmantošana. Kopā ar citiem cinku saturošiem minerāliem franklinītu izmanto kā cinka rūdu.

Hromīts (Mg,Fe)Cr₂O₄ Pārstāv rinda mainīga sastāva minerālu no galējā magniju saturošā (magnezihromīts MgCr₂O₄) līdz galējam dzelzi saturošam (ferrohromīts FeCr₂O₄). Tīri galējie paveidi dabā nav atrasti. Nosaukumi doti saskaņā ar to sastāvu. Bieži tos sauc arī par hromšpineliem.

Ķīmiskais sastāvs. Hromīta sastāvā ir MgO – 9,69 %; FeO – 17,26 % un Cr₂O₃ – 73,05 %. Satur Fe³⁺ (līdz 25,6 %); Al (līdz 24,6 %) un Zn (līdz 5,8 %) kā piemaisījumus.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā ir Z = 8. Kubisks. Simetrija 3L₄4L₃6L₂9PC.

Agregāti un habituss. Hromīti sastopami blīvu graudainu agregātu, kā arī noapaļotu nepareizu graudu veidā. Kristāli sastopami reti un tiem ir oktaedrisks habituss.

Fizikālās īpašības. Blīvums 4,5-4,8 (g/cm³); cietība 5,5-6 (pēc Moosa); skaldnības nav; krāsa – melna; svītras krāsa – brūna; spīdums – metālisks; gandrīz neaurspīdīgs; zema atstarošanas spēja – 12 %.

Diagnostikas pazīmes. Hromītam raksturīgā melnā krāsa, brūnā svītras krāsa, augstā cietība, patstāvīgā saite ar ultrabāziskajiem iežiem. Skābēs hromīts nešķīst.

Mākslīgā ieguve. Hromītus iegūst, izkristalizējoties no silikātu kausējumiem, kuru sastāvs ir tuvs peridotīta sastāvam ar nelielu Cr₂O₃ saturu, kā arī, karsējot Cr₂O₃ un FeCl₂ tīgelī kopā ar kriolītu Na₂[NaAlF₆].

Veidošanās un sastopamība. Hromīta izcelsme ir magmatiska un tā veidošanās ir saistīta ar bāziskiem un ultrabāziskiem magmatiskiem iežiem. Hromīts sastopams vai nu kā akcesorais minerāls gabro, peridotītos, dunītos un piroksenītos, vai arī veido apjomīgus sakopojumus asociācijā ar serpentīnu Mg₆(OH)₈[Si₄O₁₀], olivīnu (Mg,Fe)₂[SiO₄], hromu saturošiem hlorītiem, granātiem, piroksēniem, talku, platīnu. Hromīta atradnes ir Rodēzijā, Jaunkaledonijā, Urālos Saranovskas, Kempirsaiskas u.c. atradnēs. Hromīta augstās ķīmiskās izturības dēļ tas sastopams arī kļiedņu veidā.

Izmantošana. Hromīts ir galvenā hroma rūda.

Magnetīts (Fe²⁺Fe³⁺)Fe₂O₄ Minerāla nosaukuma rašanās ir neskaidra. Daži pētnieki uzskata, ka tas radies no pilsētas Magnēsijas (Mazāzija) nosaukuma, citi domā, ka magnetīts savu nosaukumu ieguvis no gana Magnesa vārda, kas pirmais atradis šo minerālu. Sinonīms – magnētiskā dzelzsrūda.

Ķīmiskais sastāvs. Magnetīts sastāv no: FeO – 31,03 %; Fe₂O₃ – 68,97 %. Parasti satur Ti, V, Mn, Cr u.c. piemaisījumus. Paveidi, kas satur palielināti titāna daudzumu, tiek saukti par titānmagnetītiem, bet, kas satur palielinātu hroma daudzumu – par hrommagnetītiem.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā Z = 8. Kubisks. Simetrija 3L₄4L₃6L₂9PC.

Agregāti un habituss. Magnetīts sastopams sīkgraudainu masīvu agregātu veidā, kā arī labi veidotu kristālu veidā, kas ieauguši iezī. Atsevišķiem magnetīta kristāliem ir oktaedrisks, retāk – rombododekaedrisks habituss. Novēroti dvīņu kristāli, kā arī paralēlie saaugumi ar hematītu, ilmenītu, rutīlu, hlorītu un olivīnu.

Fizikālās īpašības. Blīvums – 4,9 (g/cm³); cietība 5,5-6,5 (pēc Moosa); skaldnības nav; krāsa – melna; svītras krāsa – melna; spīdums – pusmetālisks; neaurspīdīgs; stiprs magnētiķis, karsējot to līdz 580 °C, magnētiskās īpašības pazūd, bet, atdzesējot atkal parādās; zema atstarošanas spēja – 21 %.

Diagnostikas pazīmes. Galvenā atšķirība ir tā magnētisms, kā arī melnā svītras krāsa. Galvenās līnijas rentgenogrammās (Å): 2,54; 1,61; 1,48. Magnetīts šķīst HCl, bet tikai, kad tas ir pulverveidā.

Mākslīgā ieguve. Magnetītu iegūst sakristalizējoties dzelzs savienojumus saturošiem silikātu kausējumiem, kuros kā magnetīta kristalizācijas veicinātājs darbojas halogēnīdi vai cita veida mineralizatori (piem., $B(OH)_3$).

Veidošanās un sastopamība. Magnetīts veidojas reducējošā vidē, visbiežāk tiešā magmatiskā stadijā, kā arī attiecīga sastāva iežu kontakta vietās hidrotermāla vai pneimatolītiska rakstura reakciju rezultātā. Magnetīts izveidojas arī metamorfā procesā no brūnās dzelzsrūdas, noguluma rakstura dzelzs hidroksīdu pārvērtību rezultātā. Šajā gadījumā magnetīts visbiežāk ir kopā ar hematītu Fe_2O_3 un vairākiem silikātu minerāliem. Nozīmīgākās ir magnetīta metamorfās un kontakta metasomatiskās atradnes. Pie pirmā tipa magnetīta atradnēm jāpieskaita Krivojroga atradnes Ukrainā, Kurskas magnētiskās anomālijas apvidus un ASV Augšezera atradnes. Pie lielākām kontakta metasomatiskās izcelsmes atradnēm jāpieskaita Magnita un Blagodati kalnu atradnes Urālos. Tiešās magmatiskās izcelsmes magnetīts atrodams Zviedrijā un Urālos. Saskarē ar atmosfēru uz Zemes virsmas magnetīts ir izturīgs un tāpēc tas atrodams kļiedņu veidā.

Izmantošana. Magnetīts ir nozīmīgākā dzelzsrūda. Tiek izmantotas rūdas, kurās minimālais dzelzs saturs ir 45 – 50 %.

Hausmanīts $Mn^{4+}Mn^{2+}_2O_4$ Nosaukts vācu mineraloga L.Hausmana vārdā.

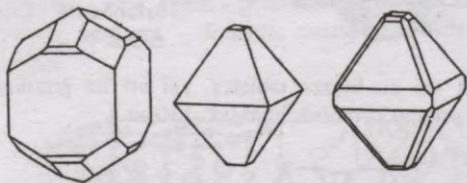
Ķīmiskais sastāvs. MnO – 62,0 %; MnO_2 – 38,0 %. Satur arī FeO , Fe_2O_3 un ZnO .

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 4$. Tetragonāls. Simetrija L_44L_25PC .

Agregāti un habituss. Hausmanīts veido blīvas graudainas masas, dažreiz sastopams oktaedram līdzīgu kristālu veidā (sk. 128.att.).

Fizikālās īpašības. Blīvums 4,7-4,9 (g/cm^3); cietība 5,5-6 (pēc Moosa);

skaldnība – laba vienā plāknē; krāsa – brūni melna; svītras krāsa – brūna vai sarkanbrūna; spīdums – stiprs dimanta vai pusmetāliskais; piemīt pusvadītāja īpašības; zema atstarošanas spēja – 15 %.



128.attēls. Minerāla hausmanīta kristālu habituss.

Diagnostikas pazīmes. Hausmanītu var diagnosticēt tikai mikroskopiski. Galvenās līnijas rentgenogrammās (Å): 2,73; 2,45; 1,53. Šķīst HCl , izdalot Cl_2 .

Mākslīgā ieguve. Hausmanītu iegūst, karsējot MnO vai izgulsnējot Mn_3O_4 gaisā kopā ar mineralizatoriem, kā arī, sadaloties $MnCl_2$ oksidējošā vidē.

Veidošanās un sastopamība. Hausmanīts veidojas no mangānu saturošu savienojumu nogulumiem hidrotermālu reakciju un metamorfisma procesa rezultātā. Tas sastopams kopā ar braunītu $Mn(Mn,Si)_2O_4$, manganītu $MnO(OH)$, piroluzītu MnO_2 , magnetītu $FeFe_2O_4$, hematītu Fe_2O_3 u.c. minerāliem hidrotermālās dzīslās Sapalas atradnē Vidusurālos, Harca atradnē Vācijā. Hausmanīts kā metasomatisks minerāls sastopams arī dolomītos Vermlandes, Nordmarkas un Longbanas atradnēs Zviedrijā.

Sairšana un pseidomorfozes. Uz Zemes virsmas atmosfēras ietekmē pārvēršas par piroluzītu un psilomelānu $(\text{Ba}, \text{H}_2\text{O})_2\text{Mn}_5\text{O}_{10}$. Zināmas hausmanīta kalciņa un manganīta pseidomorfozes.

Izmantošana. Hausmanīts ir nozīmīga mangāna rūda, kuru izmanto galvenokārt speciālu tēraudu šķirņu izgatavošanai.

Hrizoberils BeAl_2O_4 Minerāla nosaukums radies no grieķu vārdiem „hrisos” – zelts un „berillos” – berils (pēc krāsas hrizoberils ir līdzīgs berilam).

Ķīmiskais sastāvs. BeO – 19,8 %; Al_2O_3 – 80,2 %. Satur Fe_2O_3 , TiO_2 un Cr_2O_3 piemaisījumus. Hromu saturošu paveidu sauc par aleksandrītu.

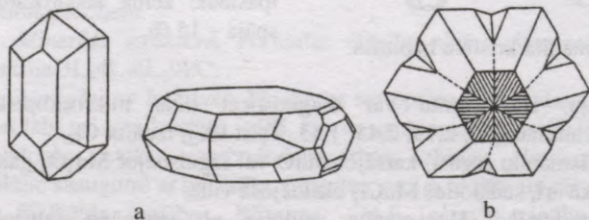
Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 4$. Rombisks. Simetrija $3L_23PC$.



Agregāti un habituss. Hrizoberils veido ieslēgumus granītā un vizlas slānekļos, kā arī iežu tukšumos (sk. 129.att.).

129.attēls. Minerāla hrizoberila kristālu drūza.

Hrizoberila kristāliem var būt vai nu biezas tabletes, vai arī īsi prizmatisks apveids, to raksturo ar pinakoīdu un prizmu kombinācijām (sk. 130.att.).



130.attēls. Minerāla hrizoberila kristālu habituss: a – atsevišķi kristāli; b – dvīnis.

Fizikālās īpašības. Blīvums 3,5-3,7 (g/cm^3); cietība – 8,5 (pēc Moosa); skaldnība – vidēja; krāsa – zaļi dzeltena, retāk – bezkrāsaina; svītras krāsa – balta; spīdums – stiklains; caurspīdīgs. Hromu saturošajam paveidam – aleksandrītam ir briljanta zaļa, bet elektriskajā gaismā – violeti sarkana krāsa. Saskaņā ar S.Grūm-Gržimailo pētījumiem, aleksandrīta krāsa atkarīga no uz kristāla krītošās gaismas zili zaļo staru intensitātes. Dienas gaismā galveno lomu spēlē zili zaļie stari un kristāls liekas zaļš.

Mākslīgais apgaismojums, salīdzinot ar dienas gaismu, ir nabadzīgs ar šiem stariem, kā rezultātā kristāls liekas sarkans. Šī krāsas maiņa ir svarīga hrizoberila īpašība.

Diagnostikas pazīmes. Hrizoberilam ir raksturīga kristālu forma un augsta cietība. Galvenās līnijas rentgenogrammās (Å): 3,24; 2,08; 1,61. Skābēs nešķīst. Sadalās tikai, sakausējot pulveri ar KOH vai KHSO₄.

Mākslīgā ieguve. Hrizoberilu iegūst, sakausējot Al₂O₃, BeO, H₃BO₃ un CaCO₃ ar dažādiem piemaisījumiem, vai arī AlF₃, BeF₃ un B₂O₃ reakcijā baltkvēlē.

Veidošanās un sastopamība. Hrizoberils sastopams pegmatītu dzīslās un kontakta pneimatolītiskos veidojumos asociācijā ar berilu Be₃Al₂[Si₆O₁₈], fenakītu Be₂[SiO₄], fluorītu CaF₂, apatītu Ca₅(F,Cl,OH)[PO₄]₃ u.c. minerāliem. Hrizoberila atradnes ir Brazīlijā (Minas-Žeraiša atradne), ASV Ņuhempšīras, Ņujorkas, Kolorado štatos, Kanādā Kvebekas provincē, Urālos u.c. Hrizoberils ir ķīmiski izturīgs minerāls, tāpēc tas ir sastopams kļiedņos (piem., Šrilankā un Madagaskarā).

Izmantošana. Hrizoberils ir rets minerāls. Hrizoberila zaļo paveidu, kas mākslīgajā apgaismojumā kļūst violeti sarkans, sauc par aleksandrītu un izmanto kā augstvērtīgu dārgakmeni.

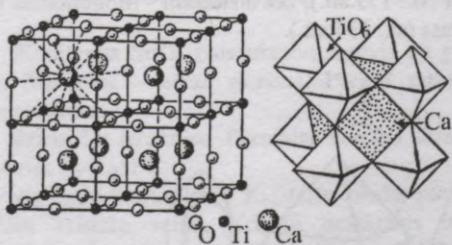
Perovskīts CaTiO₃ Nosaukts krievu mineraloga grāfa L.Perovska vārdā.

Ķīmiskais sastāvs. CaO – 41,1 %; TiO₂ – 58,9 %. Kā piemaisījumus satur Nb (līdz 22 %), Zr (līdz 22 %), Ce (līdz 11,3 %), Al (līdz 10 %), Fe²⁺ (līdz 9 %); Fe³⁺ (līdz 5,7 %) un Na (līdz 4,4 %). Paveidu, kurš satur retos elementus, sauc par knopītu, kas nosaukts vācu mineraloga A.Knopa vārdā.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā Z = 8. Simetrija – pseidokubiska.

Habituss. Perovskīts sastopams atsevišķu kubisku kristālu veidā (sk. 131.att.).

Fizikālās īpašības. Blīvums 3,95-4,04 (g/cm³); cietība 5,5-6 (pēc Moosa); skaldnība – vāja; krāsa – pelēki melna un sarkanbrūna; svītras krāsa – balta vai pelēki dzeltena; spīdums – dimanta; caurspīdīgs tikai plānos gabaliņos; piemīt pusvadītāja īpašības.



131.attēls. Minerāla perovskīta kristāla struktūra.

Diagnostikas pazīmes. Perovskītam raksturīgs kubisks kristālu habitus, kura skaldnes klātas ar īsiem iesvītrojumiem, kas paralēli šķautnēm. Galvenās līnijas rentgenogrammās (Å): 2,69; 1,90; 1,55. Šķīst tikai vārošā H₂SO₄.

Veidošanās un sastopamība. Perovskīts veidojas talka un hlorīta slānekļos, kas atrodas kontaktā ar kaļķakmeni, kā metamorfais minerāls. Parasti perovskīts ir asociācijā ar hlorītu, magnetītu, vezuviānu, sfēnu, dažreiz arī ar korundu, rutilu un ilmenītu. Perovskīta atradnes ir Urālos un Cermatas ielejā Šveicē.

Izmantošana. Perovskīts ir rets minerāls. Apjomīgākus perovskīta veidojumus var izmantot kā titāna rūdu. Perovskīta savdabi, kas satur retzemju elementus, izmanto cērija grupas reto elementu ieguvei.

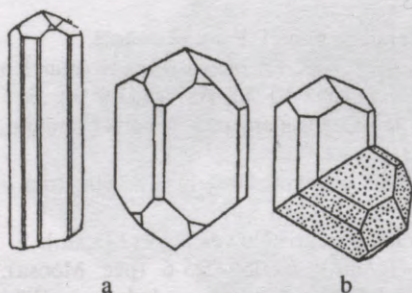
Rutils, brukīts, anatāzs TiO_2 Stabīlākā modifikācija ir rutils. Kā izomorfe piemaisījumi rutila sastāvā var būt arī Nb, Ta, Fe, Cr un V. Pēc N.Belova domām, TiO_2 rutila veidā rodas tad, ja minerālus veidojošā vidē ir klāt arī dzelzs, citos gadījumos veidojas anatāzs. Nosaukums rutils cēlies no latīņu vārda "rutilos" – sarkanīgs, anatāza – no grieķu vārda "anatisis" – izstieptība (pasvītrots, ka tā piramīda ir garāka nekā citos tetragonālos kristālos). Brukīts nosaukts angļu mineraloga H.Dž.Bruka vārdā.

Minerālu struktūra. Formulas vienību skaits rutila elementāršūnā $Z = 2$, anatāza $Z = 4$ un brukīta $Z = 8$. Rutils un anatāzs kristalizējas tetragonālā singonijā, to simetrijas formula L_44L_25PC , bet brukīts kristalizējas rombiskā singonijā un tā simetrijas formula ir $3L_23PC$.

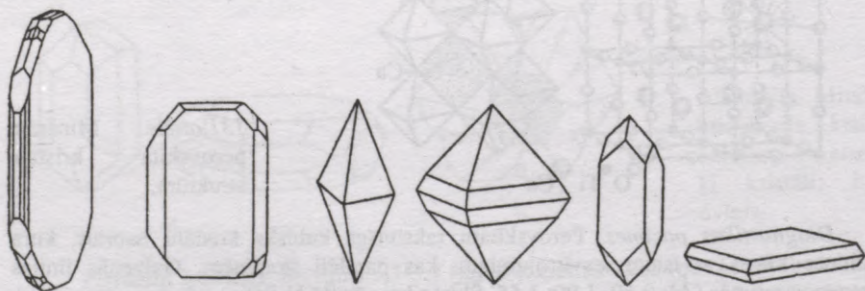
Agregāti un habituss.

Rutila kristāli lielākoties ir stabveida, ar prizmatisku formu veidošanos (sk. 132.att.), līdz adatveida, turklāt īpaši raksturīga ir izstieptu prizmu un sīkšķiedrainu kristālu veidošanās.

132.attēls. Minerāla rutila kristālu habituss: a – atsevišķi kristāli; b – dvīnis.



Kristāliskos slānekļos rutils reizēm sastopams vairāk vai mazāk izometrisku graudu, kā arī dvīņu kristālu veidā. Atšķirībā no rutila, brukītam raksturīgs saspīests habituss ar iesvītrojumu uz skaldnēm (sk. 133.att.), bet anatāzam – dipiramidāls (asas dipiramīdas), kā arī pinakoidāls habituss (sk. 134.att.).



133.attēls. Minerāla brukīta kristālu habituss.

134.attēls. Minerāla anatāza kristālu habituss.

Rutils sastopams graudainos un apjomīgos agregātos, bet brukīts un anatāzs – gandrīz tikai kristālu veidā. Pazīstami anatāza un rutila saaugumi, kā arī rutila saaugumi ar hematītu, magnetītu, ilmenītu un brukītu.

Fizikālās īpašības. Skaldnības, cietības un blīvuma dati apkopoti 18.tabulā. Rutila, brukīta un anatāza krāsa parasti ir tumši dzeltena, brūna, sarkana vai melna. Svītras krāsa – no bezkrāsainas līdz brūni dzeltenai. Spīdums – no dimanta līdz metāla. Minerāli ir caurspīdīgi plānos gabaliņos. Rutilam piemīt pusvadītāja īpašības.

18.tabula

Rutila, anatāza un brukīta dažas fizikālās īpašības

Minerāls	Blīvums, g/cm ³	Cietība, pēc Moosa	Skaldnība
Rutils	4,2 – 4,3	6	Labā vienā plaknē
Anatāzs	3,9	5 – 6	Labā divās plaknēs
Brokīts	3,9 – 4,0	5 – 6	Vāja

Mākslīgā ieguve. Rutilu var iegūt, sadalot TiCl₄ vai TiF₄ sarkankvēles temperatūrā, kā arī, sakausējot TiO₂ borakā, fosforskābes sāļi (760-700 °C temperatūrā veidojas brukīts un anatāzs). Brukīta pāreja rutilā notiek temperatūrā, kas augstāka par 700 °C, bet anatāza rutilā – 915 °C.

Veidošanās un sastopamība. Rutils veidojas augstās temperatūrās ar postmagmatiska procesa aģentu līdzdalību. Rutils un citas TiO₂ polimorfās modifikācijas sastopams intruzīvos magmatiskos iežos, kristāliskos slānekļos un hidrotermālo rūdu dzīslās. Noguluma iežos rutils sastopams kā klieznis. Tomēr visbiežāk tas sastopams pegmatītu dzīslās metamorfos veidojumos kopā ar citiem titānu saturošiem minerāliem. Ar vislielāko praktisko nozīmi ir titāna dioksīda minerālu hidrotermālās un kliezņu atradnes. Lielākās atradnes ir Kazahstānā Semiluga atradne, ASV Ziemeļkarolīnā, kliezņu atradnes Urālos Atļanskas atradne u.c. Uz Zemes virsmas rutils, anatāzs un brukīts ir ķīmiski izturīgi minerāli un tāpēc, sadēdot iežiem, kas satur šos minerālus, izveidojas to kliezņu atradnes.

Izmantošana. Šie minerāli tiek izmantoti speciālu tēraudu un sakausējumu ieguvei, kā arī baltas krāsas ieguvei uz šo minerālu bāzes.

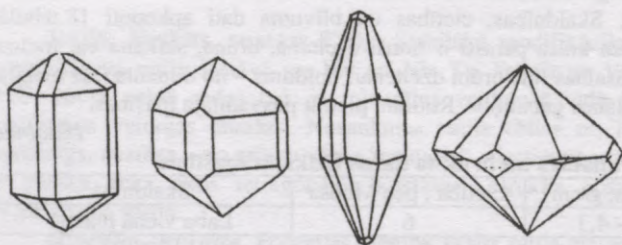
Kasiterīts SnO₂ Nosaukumu ieguvis no grieķu vārda “kassiteros”, kas nozīmē alva. Sinonīms – alvas akmens. Parasti satur Fe³⁺, Ta, Nb, Sc, In, Mn un W piemaisījumus.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā Z = 2. Tetragonāls. Simetrija L₄4L₂5PC.

Agregāti un habituss. Kasiterīts pieder pie minerāliem, kas bieži sastopams labi veidotu kristālu veidā. Kristāli lielākoties ir mazi, un tikai dažreiz sasniedz ievērojamus izmērus (zināmi līdz 10 cm gari kristāli ar vairāku kilogramu lielu masu). Kasiterīta kristālu habituss pamatā ir vai nu dipiramidāls, vai arī dipiramidāli prizmatisks (sk. 135.att.). Līdzīgi kā rutilam, arī kasiterītam raksturīgi dvīņi. Sastopami arī kasiterīta paralēlie saaugumi ar nordenšeldītu CaSn[BO₃]₂ un kvarcu SiO₂.

Fizikālās īpašības. Blīvums 6,8-7,1 (g/cm³); cietība 6-7 (pēc Moosa); skaldnība – vāja; krāsa – dzeltenīga, sarkani brūna līdz brūni melnai, reizēm mēdz būt arī sarkans,

dzeltens, pelēks vai balts, reti – bezkrāsains; svītras krāsa – brūna, gaiša; spīdums – dimanta, taukains; zema atstarošanas spēja - 10 %.

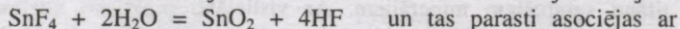


135.attēls. Minerāla kasiterīta kristālu habituss.

Diagnostikas pazīmes. Kasiterīta kristāliem raksturīga forma un liels blīvums. Galvenās līnijas rentgenogrammās (Å): 1,758; 1,213; 1,079. Skābēs nešķīst.

Mākslīgā ieguve. Kasiterītu iegūst, sakausējot SnO₂ borakā, kā arī, izgulsnējot alvas sāļus no sārnu šķīdumiem (tādējādi rodas alvas hidroksīda soli un gēli, kas novecojot, pārvēršas kasiterītā).

Veidošanās un sastopamība. Kasiterīta atradnes ģenētiski ir saistītas ar skābiem magmatiskiem iežiem. Tās sastopamas pegmatītos, pneimatolītiskos un hidrotermālos veidojumos. Pegmatītu un pneimatolītu kasiterītu kristāli ir gandrīz melnā krāsā un tie ir ar īsu prizmatisku vai dipiramidālu habitusu. Hidrotermālo dzīslu kasiterīta kristāli ir brūnā krāsā un to habitus ir pagarināts prizmatisks. Pegmatītos kasiterīts parasti ir izkļiedētā veidā. Pneimatolītiskos veidojumos kasiterīts visticamāk veidojas sekojošā reakcijā:



volframītu, molibdenītu, arsenopirītu, kvarcu, turmalīnu, berilu, fluorītu u.c. minerāliem. Nozīmīgas kasiterīta atradnes atrodas Austrumsibīrijā, Nigērijā, Kvīnslenda Austrālijā, Kornvola Lielbritānijā, Altenberga Vācijā u.c.

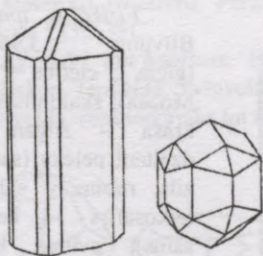
Izmantošana. Kasiterīts ir galvenā un gandrīz vienīgā alvas rūda. Izmanto rūdas, kurās alvas saturs nav mazāks par 0,1 %.

Piroluzīts MnO₂ Minerāla nosaukums radies no grieķu vārdiem “pir” – uguns un “luisis” – mazgāšana (stikla izgatavošanā likvidē tā zaļo krāsu). Sinonīms – polianīts (no grieķu vārda “poliaino”, kas nozīmē – palikt pelēkam).

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā Z = 2. Tetragonāls. Simetrija L₄L₂5PC.

Agregāti un habituss. Piroluzīts sastopams apjomīgu graudainu, pulverveida agregātu un konkrēciju, kā arī radiāli adatīnu veidojumu formā. Kristāli sastopami ļoti reti. Tiem ir izstiepts adatveida, kā arī izometriskas apveids (sk. 136.att.).

Fizikālās īpašības. Blīvums 4,7-5,0 (g/cm³); cietība 5-6 (pēc Moosa); skaldnība – laba vienā plaknē; krāsa – no gaiši līdz tumši tēraudpelēkai un melnai; svītras krāsa – melna; spīdums – pusmetālisks; necaurspīdīgs; trausls; vidēja atstarošanas spēja – 35 %; piemīt pusvadītāja īpašības.



136.attēls. Minerāla piroluzīta kristālu habituss.

Diagnostikas pazīmes. Svītrai raksturīga melna krāsa, salīdzinoši zema cietība. Galvenās līnijas rentgenogrammās (Å): 3,12; 2,40; 1,62. Šķīst HCl ar Cl izdalīšanos. Karsējot līdz 500 °C, minerālā nav novērotas nekādas izmaiņas. Karsējot 550-650 °C intervālā, notiek disociācija, veidojoties kubiskajam paveidam – braunītam.

Karsējot 940-1100 °C intervālā, braunīts pāriet augstās temperatūrās izturīgākā formā – hausmanītā $MnMn_2O_4$.

Mākslīgā ieguve. Piroluzītu iegūst pakāpeniski sadalot $Mn(NO_3)_2$ 154 °C temperatūrā un pie zema spiediena, kā arī oksidējot mangāna sāļus ar $KClO_3$, HNO_3 vai citiem oksidētājiem.

Veidošanās un sastopamība. Piroluzīta atradnes galvenokārt veidojušās eksogēnos sadēdēšanas un nogulsnešanas procesos. Rūpnieciska nozīme ir atradnēm, kurās piroluzīts ir asociācijā ar citiem mangāna un dzelzs oksīdiem un hidroksīdiem, kā hausmanītu, manganītu, braunītu, psilomelānu, brūno dzelzsrūdu. Samērā reti sastopamas hidrotermālas izcelsmes piroluzīta atradnes. Nogulsnešanas procesa atradnes ir Gruzijā Čiatura un Ukrainā. Sadēdēšanas procesa atradnes ir Indijā Balaghata, Nagnura, Bandara un Dienvidāfrikā Zelta krasts. Lielu piroluzīta kristāli sastopami Platenas atradnē Čehijā. Saskaņā ar atmosfēru (oksidēšanās zonā), piroluzīts ir izturīgs, jo šajā oksīdā mangāns ir augstākajā oksidācijas pakāpē. Oksidēšanās zonā visi mangānu saturošie minerāli pārvēršas par piroluzītu, veidojot tā pseidomorfozes pēc manganīta, rodohrozīta u.c. minerāliem.

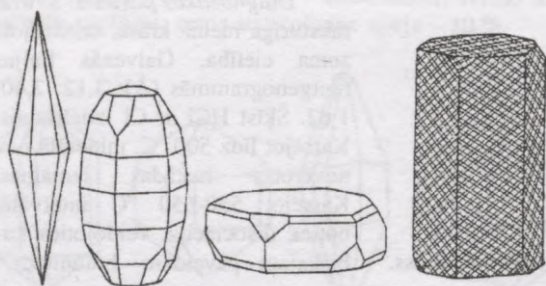
Izmantošana. Piroluzīts ir nozīmīgākā mangāna rūda. Piroluzītu izmanto sauso elektriskās strāvas elementu, stikla, speciālu tēraudu, kā arī mangānu saturošu ķīmisko preparātu ieguvei u.c. vajadzībām.

Korunds Al_2O_3 Nosaukuma izcelsme nav zināma. Uzskata, ka šādi minerālu nosauca Indijā. Pazīstami daudzi korunda savdabji. Izšķir parastos un caurspīdīgos (cēlos). Galvenie no caurspīdīgajiem korundiem ir: 1) leikosafīrs – bezkrāsains; 2) safīrs – zils; 3) rubīns – sarkans. Turklāt izdala arī naždaku, kas ir korunda, magnetīta, hematīta un špineļa maisījums.

Ķīmiskais sastāvs. Al – 52,2 %, O – 47,8 %, kā arī satur Cr, Fe un Ti piemaisījumus.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 6$. Trigonaļš. Simetrija L_33L_23PC .

Agregāti un habituss. Korunds vairumā gadījumu sastopams ieslēgumu veidā iezī un daudz retāk kā graudains sakopojums. Tā kristāli ir labi veidoti un raksturīgs mucas veida, stabveida, piramidāls un plākšņuveida habituss (sk. 137.att.). Dažreiz tie sasniedz 10 cm diametrā. Galvenās minerāla korunda kristālu formas ir heksagonālā prizma, heksagonālās dipiramīdas, romboedrs un pinakoīds.



137.attēls. Minerāla korunda kristālu habituss.

Fizikālās īpašības
 Blīvums 3,95-4,10
 (g/cm^3); cietība 9 (pēc
 Moosa); skaldnības nav;
 krāsa – zilgani vai
 dzeltenīgi pelēka (safīrs –
 zils, rubīns – sarkans,
 leikosafīrs – bezkrā-
 sains); svītras krāsas
 nav; spīdums – stiklains;
 piemīt pusvadītāja
 īpašības.

Diagnostikas pazīmes. Korundam raksturīga kristālu forma, zili pelēka krāsa un augsta cietība. Galvenās līnijas rentgenogrammās (Å): 2,08; 1,60; 1,37. Skābēs nešķīst.

Mākslīgā ieguve. Korundu iegūst, kausējot boksītus elektriskā krāsnī. Mākslīgos rubīnus un safīrus iegūst, kausējot un sakristalizējot Al_2O_3 skābekļa-ūdeņraža liesmā. Turklāt veidojas tīri un caurspīdīgi kristāli, kuri, ja tiem pievieno hroma sāļus, paliek sarkani, bet ar kobalta un titāna sāļiem iegūst dažādas safīra nokrāsas.

Veidošanās un sastopamība. Galvenās rūpnieciskas nozīmes korunda atradnes izveidojušās granīta pegmatītos, tiem desilicējoties, kā arī kontakta metasomatiskos veidojumos. Pēc būtības tās ir skābo efuzīvo iežu pneimatolītiskā un hidrotermālā metamorfisma rezultāts, kura veicinošs faktors ir bijis skāba sastāva intrūzijas. Šajos procesos bieži izveidojas sekundārie korundu saturošie kvarcīti, kuri tad ir galvenā dabisko korundu izejviela. Kvarcītos korunds ir asociācijā ar kvarcu, andaluzītu, muskovītu, diasporu, pirofilītu, kaolinītu u.c. Lielas cēlkorunda atradnes ir Mjanmā, kurās atrasts rubīna kristāls, kas sver 690 g. Savukārt, Indijā zināmas safīru saturošu kļiedņu atradnes. Parasto korundu lielā daudzumā iegūst Kanādā, Transvālā. Krievijā korunda atradnes ir Urālu kalnu austrumu nogāzē Borzovskas, Irtjuškas atradnes un Kazahstānas centrālajā daļā Semizbuda atradne. Lielu kristālu atrasti ASV Pensilvānijas štatā.

Sairšana. Saskaņā ar atmosfēru, korunds ir ķīmiski izturīgs minerāls un veido sekundārās kļiedņu atradnes. Metamorfozes procesā tas pārvēršas par citiem alumīniju saturošiem minerāliem, piemēram, margarītu $\text{CaAl}_2[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}](\text{OH})_2$, silimanītu $\text{Al}[\text{AlSiO}_5]$ un distēnu $\text{Al}_2\text{O}[\text{SiO}_4]$.

Izmantošana. Korundu un korunda izeji – naždaku (korunda, magnetīta, hematīta un špineļa maisījums), galvenokārt izmanto kā abrazīvo materiālu. Cēlkorundus – rubīnu un safīru – kā augstvērtīgus dārgakmeņus.

Hematīts Fe_2O_3 Nosaukums radies no grieķu vārda “hematikos” – asiņainais. Sinonīms – martīts, spekularīts, nieru rūda.

Ķīmiskais sastāvs. Fe – 70 %; O – 30 %. Dažreiz nelielos daudzumos var saturēt Ti, Al un Fe^{2+} piemaisījumus.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 6$. Trigonāls. Simetrija L_33L_23PC .

Agregāti un habituss. Hematīts visbiežāk sastopams masīvos, blīvos, slēpti kristāliskos, lapveida, zvīņveida, kā arī zemjainos agregātos. Hematīta kristāliem ir plākšņveida, romboedrisks un tabletveida apveids (sk. 138.att.).



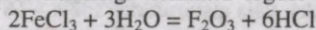
138.attēls. Minerāla hematīta kristālu habituss.

Bieži sastopami hematīta polisintētiskie dvīņi. Hematīts veido epitaktiskus saaugumus ar rutilu TiO_2 , magnetītu $FeFe_2O_4$, špineli $MgAl_2O_4$, kalcītu $CaCO_3$, kā arī orientētus saaugumus ar ilmenītu, kas rodas to cietā šķīduma sadalīšanās rezultātā.

Fizikālās īpašības. Blīvums 5,0-5,2 (g/cm^3); cietība 6-6,5 (pēc Moosa); skaldnības nav; krāsa – kristāliskiem savdabjiem – melna, zemjainiem savdabjiem – spilgti sarkana; svītras krāsa – ķiršu sarkana; spīdums – pusmetālisks; puscaurspīdīgs; trausls; vidēja atstarošanas spēja – 25 %; piemīt magnētiskas un pusvadītāju īpašības.

Diagnostikas pazīmes. Hematītam raksturīga ķiršu sarkana svītras krāsa, augsta cietība, plākšņveida un zvīņveida agregāti. Galvenās līnijas rentgenogrammās (Å): 2,69; 2,51; 1,69. Šķīst koncentrētā HCl. Reducējošā vidē kļūst magnētisks.

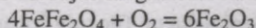
Mākslīgā ieguve. Mākslīgi hematītu iegūst savstarpēji iedarbojoties $FeCl_3$ un H_2O tvaikiem:



139.attēls. Hematīta kristāls no Šveices Alpiem.

Veidošanās un sastopamība. Hematīta veidošanās procesā izšķiroša nozīme ir oksidējošai videi. Tas var izveidoties dažādos iežos, piemēram, magmatiskos iežos kā akcesorais minerāls vai kā ekshalācijas veidojums uz vulkāna krāteru sienām, vai arī uz izlijuma iežu (sastingušas lavas) virsmas. Hematīts sastopams arī hidrotermālas izcelsmes atradnēs, kurās tas var būt pārveidojies par magnetītu. Šo procesu

sauc par mušketovitizāciju (mušketovīts – magnetīta pseidomorfoze pēc hematīta). Novērojams arī pretējs process – hematīta pseidomorfoze pēc magnetīta. Šo parādību sauc par martitizāciju (martīts – hematīta pseidomorfoze pēc magnetīta). Eksogēnie hematīta sakopojumi veidojas magnetīta martitizācijas rezultātā:



Šāda reakcija iespējama arī hidrotermālos apstākļos. Lielākās hematīta atradnes zināmas Ukrainā Krivojroga, Krievijā Belgorodas apgabalā (Kurskas magnētiskā anomālija), ASV Augšezera apkaimē, kā arī Austrālijā, Brazīlijā, Venecuēlā, Kanādā, Ķīnā un Šveicē. Visas šīs atradnes ir metamorfie veidojumi no nogulumu iežiem. Atmosfērā hematīts ir ķīmiski izturīgs minerāls.

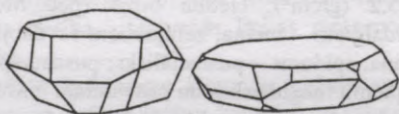
Izmantošana. Hematīts ir nozīmīgākā dzelzs rūda. Izmanto rūdas, kurās dzelzs saturs nav mazāks par 45-50 %.

Ilmenīts (Fe,MgTiO_3) Pārstāv mainīga sastāva minerālu rindu no galējā dzelzi saturošā – ilmenīta FeTiO_3 līdz galējam magniju saturošam – heikilītam MgTiO_3 . Ilmenīts savu nosaukumu ieguvis no Ilmeņa kalniem Urālos, kur tika pirmo reizi atrasts.

Ķīmiskais sastāvs. Fe – 36,8 %; Ti – 31,6 %; O – 31,6 %.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 2$. Trigonāls. Simetrija L_3C .

Agregāti un habituss. Ilmenīts sastopams nenoteiktas formas graudu un kristālu veidā. Kristāliem ir biezas tabletes, dažreiz zvīņveida habituss (sk. 140.att.). Galvenās formas ir pinakoīds un romboedri. Sastopami arī ilmenīta divīņi, kā arī ilmenīta orientēti cauraugumi ar hematītu un magnetītu.



140.attēls. Minerāla ilmenīta kristālu habituss.

Fizikālās īpašības. Blīvums - 4,72 (g/cm^3); cietība 5-5,5 (pēc Moosa); skaldnības nav; krāsa – dzelzs melna, melna; svītras krāsa – brūni melna; spīdums – pusmetālisks; necaurspīdīgs; trausls; vāji magnētisks, vāja atstarošanas spēja – 18 %.

Diagnostikas pazīmes. Ilmenītam ir raksturīgs kristālu habituss. Galvenās līnijas rentgenogrammās (Å): 2,75; 2,54; 1,73. Lēni šķīst karstā HCl.

Mākslīgā ieguve. Ilmenītu iegūst, sakausējot TiO_2 ar FeCl_3 sarkankvēles temperatūrā, kā arī laižot HF tvaikus virs amorfa TiO_2 , metāliska Fe un vāji izkarsēta Fe_2O_3 maisījuma 270-300 °C temperatūrā.

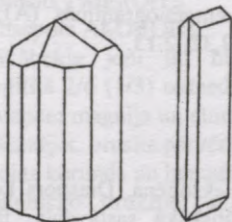
Veidošanās un sastopamība. Ilmenīts veidojas galvenokārt magmatiskā procesā bāziskos iežos, izdaloties sīku kristālu veidā, magmas kristalizācijas sākuma stadijā. Pazīstamas arī ilmenīta atradnes sārmainos iežos. Šīs atradnes veidojušās pneimatolītiskos, pegmatīta un hidrotermālos procesos. Ilmenīts mēdz būt asociācijā ar magnetītu FeFe_2O_4 , sfēnu $\text{CaTiO}[\text{SiO}_4]$, rutilu TiO_2 . Lielas ilmenīta atradnes ir Norvēģijā Ekerzunda-Zogendāle un Kragere, kurās iegūti lieli kristāli ar masu līdz 6-7 kg. Lielu kristālu atrasti arī Ilmeņa kalnos Urālos un Senkristofa atradnē Francijā. Atmosfēras iedarbībā ir ķīmiski izturīgs, tāpēc veido arī rūpnieciskas nozīmes kļiedņu atradnes jūras piekrastēs Japānā, Itālijā u.c.

Izmantošana. Ilmenīts ir titāna rūda, ko izmanto speciālu tēraudu ieguvei, kā arī baltās titānu saturošās krāsas ieguvei u.c. vajadzībām.

Gēīts $\text{Fe}^{3+}\text{O}(\text{OH})$ Nosaukts vācu dzejnieka un filozofa Johana Volfganga Gētes vārdā. Sākotnēji šo minerālu nosauca par oņegītu (atrasts uz salas Oņegas ezerā), tomēr tā īpašības netika aprakstītas un tāpēc nosaukums neguva plašu izplatību. Sinonīms – adatainā dzelzs rūda.

Ķīmiskais sastāvs. Fe_2O_3 – 89,86 %, H_2O – 10,14 %. Bieži satur Mn (līdz 5 %) piemaisījumu. Paveidus, kas satur vairāk ūdens (līdz 12-14 %) un atbilst formulai $\text{FeO}(\text{OH}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$, sauc par limonītu.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 4$. Rombisks. Simetrija $3L_23PC$.



Agregāti un habituss. Gētiņš veido notecējuma, nierveida un stalaktītu formas, kā arī blīvus, porainus, pulverveida agregātus un oolītus, retāk sastopams adatveida vai stabveida kristālu veidā (sk. 141.att.). Reizēm sastopami arī rutilam līdzīgi dvīņi.

141.attēls. Minerāla gētiņa kristālu habituss.

Fizikālās īpašības. Blīvums 3,3-4,3 (g/cm^3); cietība 5-5,5 (pēc Moosa); skaldnība – laba; krāsa – brūna, sarkani brūna, dzeltenī brūna; svītras krāsa – dzeltenī brūna; spīdums – dimanta līdz pusmetāliskam; sīkos gabalos caurspīdīgs; zema atstarošanas spēja – 15 %.

Diagnostikas pazīmes. Gētiņam raksturīgi koncentriski zonāli agregāti, kā arī brūna svītra. Galvenās līnijas rentgenogrammās (Å): 4,18; 2,69; 2,45. Lēni šķīst HCl. Karsējot gētiņu, H_2O izdalās pakāpeniski. H_2O izdalīšanās sākas 180 – 300 °C temperatūrā ar hematīta veidošanos.

Veidošanās un sastopamība. Gētiņa un limonīta $\text{FeO}(\text{OH}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$, kas ir brūnās dzelzsrūdas galvenās sastāvdaļas, atradnes galvenokārt izveidojušās eksogēnā procesā un, nogulsnējoties ezeros un jūru piekrastes zonās. Lielas brūnās dzelzsrūdas atradnes zināmas Luksemburgā un Kubā. Krievijā šīs rūdas atradnes ir Tulas un Lipeckas rajonos, Urālos Bakaļskas atradne, Ukrainā Kerčā. Ļoti reti sastopams gētiņš, kas izveidojies hidrotermālos apstākļos. Metamorfisma procesā notiek gētiņa un limonīta dehidratācija un to pārvēršanās par hematītu un magnetītu.

Sairšana un pseidomorfozes. Uz Zemes virsmas gētiņš veido siderīta, pirīta, barīta un kalcīta pseidomorfozes. Savukārt, zināmas hematīta pseidomorfozes pēc gētiņa.

Izmantošana. Gētiņš un limonīts veido nozīmīgus brūnās dzelzsrūdas krājumus.

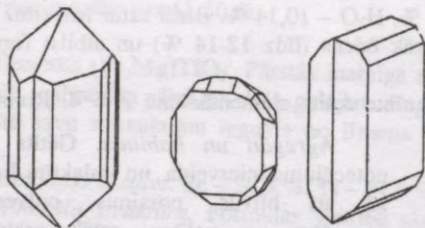
Diaspors $\text{AlO}(\text{OH})$ Diaspors savu nosaukumu ieguvis no grieķu vārda “diaspora” – izkļiede (daži šī minerāla paraugi, tos karsējot, saplaisā un sašķīst sīkās daļiņās).

Ķīmiskais sastāvs. Al_2O_3 – 85 %; H_2O – 15 %. Kā piemaisījumus satur Fe, Mn, Cr.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 4$. Rombisks. Simetrija $3L_23PC$.

Agregāti un habituss. Diaspors parasti sastopams zvīņveida un smalku zvīņveida agregātos. Tā kristāliem ir plānas plāksnītes, tabletveida un stabveida habituss (sk. 142.att.).

Fizikālās īpašības. Blīvums 3,3-3,5 (g/cm^3); cietība 6,5-7 (pēc Moosa); skaldnība – laba; krāsa – dzeltena, balta, zaļi pelēka, pelēki brūna; svītras krāsa – balta; spīdums – stikla, pa skaldnības plāksnēm – perlamutra; ļoti trausls.



Diagnostikas pazīmes.
 Diasporam raksturīgi
 zvīņveida agregāti un liela
 cietība. Skābēs diaspors
 nešķīst. Galvenās līnijas
 rentgenogrammās (Å): 3,99;
 2,32; 2,13.

142. attēls. Minerāla diaspora kristālu habituss.

Veidošanās un sastopamība. Diaspora izcelsme ir eksogēna. Diaspors kopā ar hidrargilītu un bēmītu ir alumīnija rūdas boksīta būtiskākā sastāvdaļa. Boksīts izveidojies sadēdēšanas un nogulsnešanās procesos. Diaspors sastopams metamorfās izcelsmes atradnēs kopā ar korundu, hloritoīdu, distēnu u.c. minerāliem, acīmredzot kā boksītu metamorfizācijas produkts Kosojas Brodas atradnē Urālos, Česteras – ASV, Naksosas salā Grieķijā. Labi izveidojušies diaspora kristāli atrasti Čehijā, kā arī ASV Masačusetā Česteras šahtās. Nozīmīgas atradnes ir arī Francijā, Rumānijā, Ungārijā un Indijā.

Izmantošana. Diaspors ir svarīga alumīnija rūda.

Kopsavilkums par nozīmīgākiem hidroksīdu minerāliem

Šajā darbā no minerāliem hidroksīdiem aplūkota tikai viena dzelzs hidroksīda modifikācija – gētīts un viena alumīnija hidroksīda modifikācija – diaspors. Tomēr Zemes garozā sastopamo hidroksīdu skaits ir ievērojami lielāks, no kuriem vairāki ir ar lielu praktisku nozīmi (rūdu minerāli vai izejviela citu sintētisku savienojumu ieguvei).

Kā nozīmīgākie minami šādi alumīnija, dzelzs, mangāna, magnija un kalcija hidroksīdi.

Alumīnija hidroksīdi ir:

Gipsīts jeb hidrargilīts $\gamma\text{-Al(OH)}_3$ - monoklīnā singonija.

Baijerīts $\alpha\text{-Al(OH)}_3$ - metastabils, heksagonālā singonija.

Diaspors $\alpha\text{-AlOOH}$ - rombiskā singonija.

Bēmīts $\gamma\text{-AlOOH}$ - rombiskā singonija.

Alumīnija hidroksīdi ir alumīnija rūdas – boksīta nozīmīgākās sastāvdaļas.

Dzelzs hidroksīdi ir:

Gētīts $\alpha\text{-FeOOH}$ - rombiskā singonija.

Lepidokrokīts $\gamma\text{-FeOOH}$ - rombiskā singonija.

Limonīts jeb hidrogētīts $\text{FeOOH}\cdot n\text{H}_2\text{O}$ ($n\approx 2-3$).

Dzelzs hidroksīdi ir brūnās dzelzs rūdas nozīmīgākās sastāvdaļas. Bez šiem hidroksīdiem brūnā dzelzs rūda satur arī hidratizēto SiO_2 , māla minerālus u.c.

Mangāna hidroksīdi ir:

Pirohroīts Mn(OH)_2 .

Manganīts $\gamma\text{-MnOOH}$.

Magnija hidroksīds:

Brusīts Mg(OH)_2 - trigonālā singonija.

Kalcija hidroksīds:

Portlandīts $\text{Ca}(\text{OH})_2$ - trigonālā singonija.

Lai šos minerālus, no struktūras viedokļa, būtu vieglāk salīdzināt, to formulas mēdz rakstīt sekojoši:

hidrargilīts - $\text{Al}_2(\text{OH})_6$

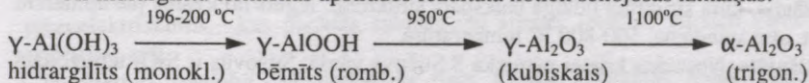
brusīts - $\text{Mg}_3(\text{OH})_6$

diaspors $\text{Al}_2\text{O}_3(\text{OH})_3$

Skābekļa joni un hidroksilgrupas veido blīvo heksagonālo sakārtojumu. Hidrargilītā 2/6 (1/3) oktaedriskos tukšumus aizņem Al joni, brusītā un diasporā 3/6 (1/2) aizņem magnija un alumīnija joni.

Karsējot, brusīts pārvēršas par periklazu MgO, no diaspora un gētīta, tos karsējot, izveidojas korunds un hematīts ar blīvo skābekļa jonu izkārtojumu, no lepidokrokīta ar pseidokubisko struktūru attiecīgā temperatūrā izveidojas $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ar špineļveida struktūru.

Ar hidrargilītu termiskās apstrādes rezultātā notiek sekojošas izmaiņas:



Boksīts

Nosaukts pēc atrašanās vietas Boksē, Francijā. Boksīts veidojas alumosilikātu sadalīšanās rezultātā. Bez alumīnija hidroksīdiem boksīts satur arī māla minerālus, hematītu, dzelzs hidroksīdus, hidratizēto SiO_2 (opālu) u.c. Boksītus ar augstu dzelzs oksīda un silīcija dioksīda saturu sauc par laterītiem. Laterīti izveidojas, sadēdot magmatiskiem iežiem, tādiem kā nefelīna sienītiem, granītiem, bazaltiņiem u.c. ar augstu Al_2O_3 saturu tropiskā un subtropiskā klimatā.

Uzkarsēšanas līknēm novērojami šādi efekti:

1070-1050 °C - korunda efekts;

555-509 °C - diaspora efekts;

296-202 °C - hidrargilīta efekts;

605-558 °C - kaolinīta efekts.

Boksīti ir alumīnija rūda. 85 % iegūstamo boksītu izmanto alumīnija iegūšanai. Alumīnija mazais blīvums un lielā stiprība nodrošina tam plašu pielietojamību (automobiļu, lidmašīnu, dzelzsceļa vagonu ražošanā, trauku, alumīnija folijas un krāsu ražošanai). No boksītiem iegūst arī korundu, ko, savukārt, izmanto ugunsizturīgo materiālu un funkcionālās keramikas ieguvei (piem., kā aizdedzes sveču sastāvdaļu).

Kvarca grupa

Minerāli, kurus pieskaita šai grupai, ir SiO_2 polimorfās modifikācijas. Zemes garozā kā minerāli atrastas šādas SiO_2 modifikācijas: kvarcs, zemtemperatūras rombiskais tridimīts, augsttemperatūras heksagonālais tridimīts, zemtemperatūras pseidokubiskais jeb tetragonālais kristobalīts, augsttemperatūras kubiskais kristobalīts, koesīts un stišovīts. Četrām no tām noteikts visstabilākais temperatūras intervāls pie atmosfēras spiediena (sk. 19.tab.).

Šo modifikāciju struktūru veido silīcijskābekļa tetraedri $[\text{SiO}_4]^{4-}$, kuri savā starpā savienojoties ar virsotnēm, veido silīcijskābekļa karkasu. Stišovīts un koesīts dabā atrasti ASV Arizonas štātā meteorīta izsistā krāterī smilšakmenī, kur tie momentāli

izveidojušies no kvarca, galvenokārt liela spiediena ietekmē. Stišovīts un koesīts iegūti arī mākslīgi.

19.tabula

SiO₂ modifikācijas, kas stabilas atmosfēras spiedienā

Temperatūras intervāls, °C	Stabila modifikācija
0 - 573	Zemtemperatūras kvarcs
573 - 870	Augsttemperatūras kvarcs
870 - 1470	Augsttemperatūras tridimīts
1470 - 1713	Augsttemperatūras kristobalīts
> 1713	SiO ₂ kausējums

Koesīts. Nosaukts amerikāņu pētnieka L.Kousa vārdā. Koesīts ir SiO₂ monoklīnā modifikācija, kura struktūra līdzīga laukšpata struktūrai. Iegūts no kvarca pie apmēram 35 tūkst. atm spiediena, 500-800 °C temperatūrā.

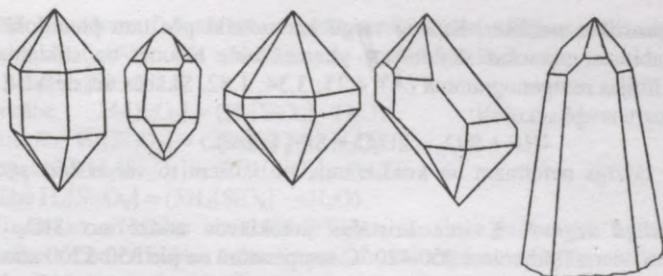
Stišovīts. Nosaukts krievu pētnieka S.Stišova vārdā. Stišovīts ir SiO₂ tetragonālā modifikācija. Struktūra atbilst rutila struktūrai. Tas iegūts no kvarca pie 100-180 tūkst. atm spiediena un 1200-1400 °C temperatūrā.

Kitīts. Nosaukts amerikāņu pētnieka D.Kita vārdā. Tā ir SiO₂ tetragonālā modifikācija. Sintezēts 380-585 °C temperatūrā un pie 350-1260 atm spiediena. Kitīts dabā nav sastopams.

Kvarcs - SiO₂ Zināmas ir divas kvarca modifikācijas - zemtemperatūras un augsttemperatūras kvarcs. Nosaukuma izcelsme saistīta ar vācu valodas vārdu, kas nozīmē šķērsrūdu. Ļoti izplatīta un vislabāk izpētīta ir zemtemperatūras kvarca modifikācija. Parasti ikdienā ar jēdzienu "kvarcs" saprot zemtemperatūras kvarcu.

Minerāla struktūra. Zemtemperatūras kvarca singonija ir trigonālā. Simetrija L₃3L₂. Minerāla kristāla struktūru veido silīcija-skābekļa tetraedri, kuros ap katru silīcija atomu vienādos attālumos novietojušies četri skābekļa atomi. Katrs skābekļa atoms savieno divus tetraedrus, resp., katrs skābekļa atoms ir it kā tiltniņš starp diviem tetraedriem. Augsttemperatūras kvarca struktūra nedaudz atšķiras no zemtemperatūras kvarca struktūras. Šīs struktūras simetrija ir augstāka, t.i., heksagonālās singonijas L₆6L₂.

Agregāti un habituss. Kvarca kristāliem parasti ir pagarināts - prizmatisks, retāk bipiramidāls habituss (sk. 143.att.). Galvenās kristālu formas - heksagonālā prizma, romboedri, trigonālā piramīda, trigonālais trapecoedrs. No šīm formām visizplatītākās kvarca kristālos ir heksagonālā prizma un romboedri, kas arī nosaka kvarca kristālu habitusu. Prizmas skaldnēm bieži novērojams svītrojums. Vairumā gadījumu kristāliem šīs formas parādās tikai vienā galā, jo ar otru galu tie piestiprinājušies dobuma (tukšuma) sienai. Saskaņā ar to, ka kvarca kristāliem nav simetrijas centra, tie sastopami enantiomorfo formu veidā, ko var noteikt pēc trapecoedra skaldņu klātienēs. Atkarībā no trapecoedra skaldņu stāvokļa, izšķir labās un kreisās kvarca formas. Kvarcam raksturīgi arī dvīņu veidojumi.



143.attēls. Minerāla kvarca kristālu habituss.

Fizikālās īpašības. Blīvums – 2,6-2,65 (g/cm³); cietība – 7 (pēc Moosa); skaldnības nav; krāsa - var būt dažāda; svītras krāsa – balta; lūzums ir gliemežveida; visbiežāk kvarcs ir caurspīdīgs; spīdums – stikla; raksturīga kvarca īpašība ir pjezoelektriskums, kas parādās spiedes vai stiepes ietekmē paralēli otrās pakāpes simetrijas asij.

Kvarca savdabji. Mineraloģiski tīrus kvarca savdabjus iedala caurspīdīgos, mazcaurspīdīgos un necaurspīdīgos. Caurspīdīgie ir kalna kristāls, ametists (violetais), rauhtopāzs (dūmakainais), citrīns (dzeltenais). Mazcaurspīdīgie kvarci ir morions (melns), kā arī rozā un pienainais kvarcs. Necauspīdīgs ir parastais kvarcs.

No kvarca savdabjiem, kas satur citu minerālu iekļāvumus, minami sekojoši:

1) prazems - zaļais kvarcs, krāsu piedod aktinolīta un hlorīta ieslēgumi;
2) avanturīns - brūni-sarkans kvarcs ar mirdzošu zeltainu atspīdumu, ko piedod vizlas, gētiņa ieslēgumi;

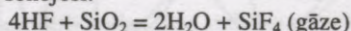
3) kaķa acs - zaļgans kvarcs ar zīdainu atspīdumu, ko rada azbesta ieslēgumi;

4) tīģera acs – tumši brūngans kvarcs ar zeltainu atspīdumu;

5) vanaga acs - zilgans kvarcs ar krokidolīta (azbestveidīgs ribekīts Na₂(Fe,Mg)₃Fe₂(OH)₂[Si₈O₂₂]) ieslēgumiem.

Apslēpti kristālisko šķiedraino kvarcu sauc par halcedonu. Nosaukumu minerāls ieguvis no pilsētas Halcedonas, kas atrodas pie Marmora jūras. Halcedoni pēc izcelsmes un uzbūves ir dažādi. Tie sastopami notecējumu un kunkuļu veidā ar radiālu-koncentrisku uzbūvi un pelēku krāsu (parastais halcedons). Retāk sastopams zilganais (safīrīns) un gaiši rozā līdz sarkanai krāsai halcedons (karneols vai serdolīks). Zaļo halcedonu sauc par plazmu, ābolu zaļo par hrizoprazu. Turklāt izšķir sūnaino hlorīta caurausto halcedonu, heliotropu - zaļo halcedonu ar sarkaniem plankumiem, kahčolongu - balto halcedonu, kas ir pārejas forma no opāla (SiO₂·nH₂O) uz bezūdens halcedonu. Jāmin arī ahāts, jašma, krams, ragiezis. Ahāts ir joslains halcedona paveids. Jašma - necauspīdīgs halcedons, parasti sarkanā, dzeltenā vai brūnā krāsā saskaņā ar dzelzs oksīda koloidālu daļiņu piejaukumu. Krams ir masīvs necauspīdīgs halcedons. Pateicoties tā cietībai, pirmatnējie cilvēki no tā izgatavoja darbarīkus un ieročus. Uzskata, ka lielākā daļa halcedonu veidojušies silīcijskābes gēla nepilnīgas pārkristalizācijas procesā. Šis apstāklis izskaidro paliekoša H₂O esamību halcedonos, to pazemināto blīvumu un gaismas laušanas koeficientu, salīdzinot ar kvarcu (halcedonam n_g=1,539, n_p=1,531, n_g - n_p= 0,008).

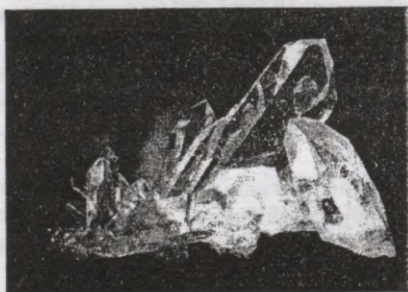
Diagnostikas pazīmes. Kvarcu viegli var noteikt pēc tam piemītošā raksturīgā kristāla habitusa, neesošas skaldnības, gliemežveida lūzuma un stiklaina spīduma. Galvenās līnijas rentgenogrammā (Å): 4,25; 3,34; 1,82. Skābēs tas nešķīst, izņēmums ir HF, ar kuru reaģē sekojoši:



Kvarcs ir līdzīgs nefelīnam un kordierītam, no kuriem to var atšķirt pēc optiskām īpašībām.

Mākslīgā ieguve. Kvarca kristālus autoklāvos audzē no SiO_2 saturošiem sārmainiem ūdens šķīdumiem 300–420 °C temperatūrā un pie 350–1200 atm spiediena.

Veidošanās un sastopamība. Kvarcs veidojas Zemes garozā dažādos ģeoloģiskos procesos. Tas veidojas tiešā magmatiskā stadijā un ir izplatīts minerāls daudzos magmatiskos iežos. Kvarcs veidojas pegmatīta stadijā. Lieli kvarca daudzumi veidojas hidrotermālā procesā izdaloties no karstiem šķīdumiem. Šajā gadījumā kvarcs ir daudzu metālu rūdu dzīslu nozīmīgs minerāls. Kvarcs veidojas arī metamorfos procesos. Izplatīts ir hipergēnās izcelsmes kvarcs, kas veidojas noguluma iežos no aukstiem šķīdumiem. Pazīstamas daudzas kvarca atradnes Urālos, Ukrainā, Brazīlijā, Madagaskarā (kalnu kristāli), Šrilankā un Mjanmā (ametisti). Uz Zemes virsmas kvarcs ir noturīgs un pāriet kļedņos.



144.attēls. Kvarca kristāli.

Praktiskā nozīme. Caurspīdīgos un puscaurspīdīgos kvarca savdabjus izmanto kā krāsainus akmeņus juvelierizstrādājumu ražošanā. Saskaņā ar tā pjezoelektriskajām īpašībām, to izmanto radiotehnikā. Necaurspīdīgos kvarca savdabjus izmanto metalurģijā, stikla, keramikas, ugunturīgo materiālu ražošanā. Halcedonus izmanto abrazīvo materiālu, ahāta piestu u.c. precīzu laboratorijas ierīču izgatavošanai.

2.8. Silikāti

Silikātu klase ir visdaudzskaitlīgākā minerālu klase. 1/3 no visiem 3000 minerāliem ir silikāti. Pēc V. Vernadska pētījumiem, silikāti ir 85 % no kopējās Zemes garozas masas, vai arī 95 % pēc tilpuma (42 % - plagioklazi, 22% - kālija laukšpats, 18 % - kvarcs, 5 % - amfiboli, 4 % - piroksēni, 4 % - biotīts). Šo faktu var izskaidrot ar to, ja atceramies t.s. Vernadska dekadēs, kur Si ir pirmajā dekadē un masa ir 26 %. Pirmajā vietā ir skābeklis ar 49,13%. Otrajā dekadē (10-1 %) ietilpst šādi elementi:

Al - 7,45; Na - 2,40; Fe - 4,20; K - 2,35; Ca - 3,25; Mg - 2,35; H - 1,00.

Trešajā dekadē (1-0,1 %) ietilpst:

Ti - 0,61; S - 0,10; C - 0,35; Mn - 0,10; Cl - 0,20; P - 0,12.

Silikātu ķīmiskie sastāvi ir diezgan sarežģīti un ne vienmēr pakļaujas vienkāršām stehiometriskām attiecībām. Daži pētnieki centās silikātus atvasināt no attiecīgām

silīcijskābēm. Piemēram, līdz silikātu struktūru atšifrēšanai silikāus mēdza uzskatīt arī kā hipotētisko silīcijskābju, kas atvasinātas no ortosilīcijskābes, sāļus.

Ortosilīcijskābe $H_4[SiO_4]$.

Metasilīcijskābe $H_2[SiO_3] = (H_4[SiO_4] - H_2O)$.

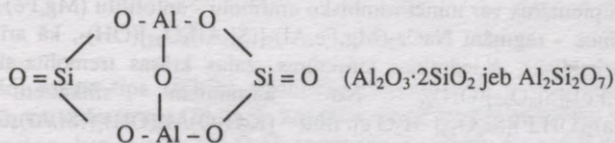
Diortosilīcijskābe $H_6[Si_2O_7] = (2H_4[SiO_4] - H_2O)$.

Dimetasilīcijskābe $H_2[Si_2O_5] = (2H_4[SiO_4] - 3H_2O)$.

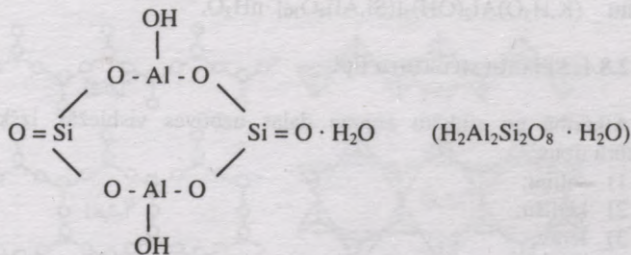
Trisilīcijskābe $H_4[Si_3O_8] = (3H_4[SiO_4] - 4H_2O)$.

Tika izdalītas arī dažas citas silīcijskābes, kas bija pazīstamas ar nosaukumu polisilīcijskābes. Visus silikātus nevarēja pakļaut attiecīgām skābes formulām.

V. Vernadskis izvirzīja alumoskābju teoriju. Pēc šīs teorijas, alumīnijs un tā analogi (Fe, Cr) ietilpst skābes radikālā, līdzīgi silīcijam, veidojot t.s. alumosilīcijskābes, kurām raksturīgi būtu kaolinīta gredzeni

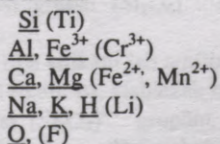


Kaolinīta skābes struktūra būtu šāda



Tikai pēc 1912. gada, kad radās iespēja izmantot rentgenstruktūranalīzes metodi, tika atrisināts silikātu ķīmiskās uzbūves galvenais jautājums. Radās iespēja, izveidot silikātu minerālu kristālķīmiskās formulas, kuras vienlaicīgi dod priekšstatu par sastāvu un uzbūvi. Rentgenstruktūras analīze parādīja, ka silikāti nav veidoti no molekulām, bet to kristālisko režģi veido atomi vai joni, kas savstarpēji cieši saistīti.

Elementu skaits, kuri veido silikātus, ir samērā neliels. Galvenie elementi, kas veido silikātus ir šādi:



Ar ko izskaidrojams, ka samērā neliels ķīmisko elementu skaits, kas piedalās silikātu minerālu veidošanā, ir spējīgs izveidot tik ļoti daudz silikātu minerālu klašu?

Izskaidrojums ir tāds, ka silīcijskābekļa tetraedri, kas ir visu silikātu anjonu daļas uzbūves pamatvienības, savstarpēji apvienojoties, izveido dažādus anjonus, kuru negatīvo lādiņu kompensē galvenokārt minētie katjoni.

Lielākai daļai silikātu ir zema simetrija, kas liecina, ka silikātiem ir sarežģīts ķīmiskais sastāvs. No zināmajiem, apmēram 1000 silikātiem, to sadalījums pa singonijām ir sekojošs:

- monoklīnie - 46 %;
- rombiskie - 21 %;
- triklīnie - 7 %;
- tetragonālie - 7 %
- heksagonālie un trigonālie - 10 %;
- kubiskie - 9 %.

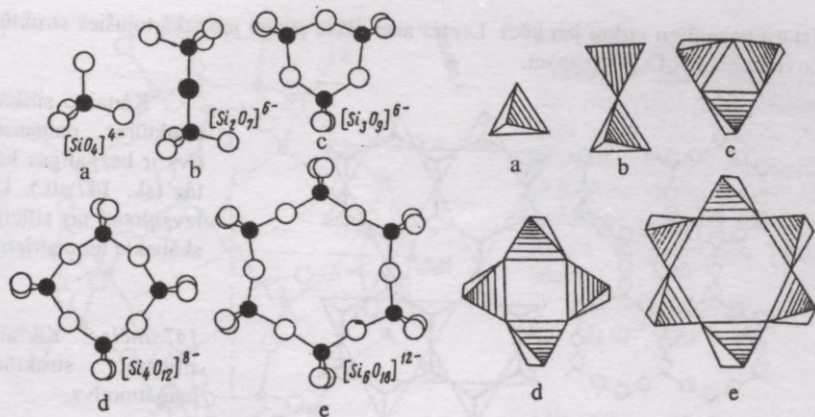
Kā piemērus var minēt rombisko amfibolu - antofīlītu $(\text{Mg,Fe})_7[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$ un monoklīnos - ragmāni $\text{NaCa}_2(\text{Mg,Fe,Al})_5[(\text{Si,Al})_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$, kā arī nefrītu (masīvs slēpti kristālisks, šķiedrainas struktūras, zaļas krāsas tremolīta-aktinolīta paveids) $\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$. No kārtainiem silikātiem - čaroītu $\text{K}(\text{Ca,Na})_2(\text{OH,F})[\text{Si}_4\text{O}_{10}] \cdot \text{H}_2\text{O}$ un ilītu $(\text{K,H}_3\text{O})\text{Al}_2(\text{OH})_2[(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}] \cdot \text{nH}_2\text{O}$. un nefrītu (masīvs apslēpti kristālisks, šķiedrainas struktūras, zaļas krāsas tremolīta-aktinolīta paveids) $\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$. No kārtainiem silikātiem - čaroītu $\text{K}(\text{Ca,Na})_2(\text{OH,F})[\text{Si}_4\text{O}_{10}] \cdot \text{H}_2\text{O}$ un ilītu $(\text{K,H}_3\text{O})\text{Al}_2(\text{OH})_2[(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}] \cdot \text{nH}_2\text{O}$.

2.8.1. Silikātu struktūru tipi

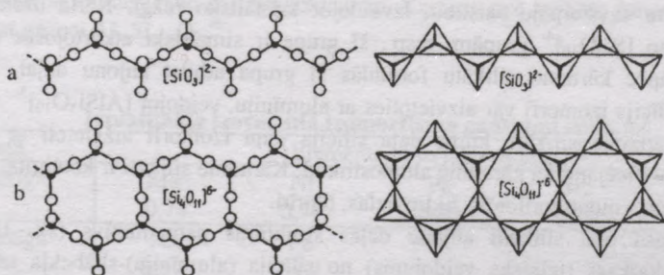
Atkarībā no silikātu anjonu daļas uzbūves visbiežāk izšķir piecus silikātu struktūru tipus:

- 1) saliņu;
- 2) ķēdīšu;
- 3) lentu;
- 4) kārtaino;
- 5) karkasa.

Izplatītāko saliņu tipa silikātu jeb ortosilikātu (ortosilīcijskābes H_4SiO_4 sāļu) anjonu daļas struktūras pamatmotīvs ir izolēts silīcija-skābekļa tetraedrs, resp., $[\text{SiO}_4]^{4-}$ grupa. Zināmi daži saliņu tipa silikāti, kuros struktūras pamatmotīvs sastāv no diviem tetraedriem (diortogrupas). Struktūras pamatmotīvs ir grupa $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$. Pazīstami arī daži saliņu tipa silikāti, kuru struktūras pamatmotīvs ir regulārs gredzens no trīs, četriem vai sešiem silīcija-skābekļa tetraedriem, resp., grupas $[\text{Si}_3\text{O}_9]^{6-}$, $[\text{Si}_4\text{O}_{12}]^{8-}$, $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]^{12-}$ (sk. 145.att.).



145.attēls. Dažādi saliņu tipa silikātu struktūras pamatmotīvi: a – izolēts $[\text{SiO}_4]^{4-}$ tetraedrs; b – divu tetraedru grupa $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$, kas savā starpā saistīta ar kopēju virsotni; c – trīs tetraedru grupa, kas saistīta $[\text{Si}_3\text{O}_9]^{6-}$ gredzenā; d – četru tetraedru grupa, kas saistīta $[\text{Si}_4\text{O}_{12}]^{8-}$ gredzenā; e – sešu tetraedru grupa, kas saistīta $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]^{12-}$ gredzenā.

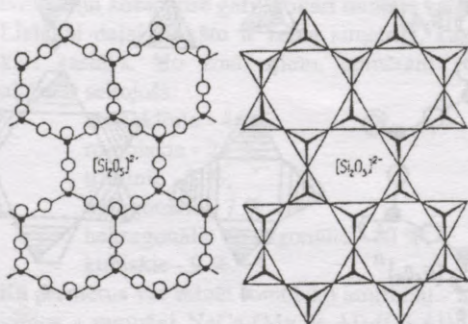


146.attēls. Silikātu struktūras pamatmotīvi: a – ķēdīšu; b – lentu tipa.

Ķēdīšu tipa silikātu jeb piroksēnu anjonu daļas struktūras pamatmotīvs ir bezgalīgas ķēdītes, kuru atsevišķie posmi atbilst $[\text{Si}_2\text{O}_6]^{4-}$, $[\text{Si}_3\text{O}_9]^{6-}$ vai arī cita veida grupām (sk. 146.att. a). Visizplatītākie no ķēdīšu tipa silikātiem ir tie, kuros ķēdīšu posmi atbilst grupai $[\text{Si}_2\text{O}_6]^{4-}$. Ķēdīšu tipa silikāti uzskatāmi kā metasilīcijskābes H_2SiO_3 sāļi.

Lentu tipa silikātu jeb amfibolu anjonu daļas struktūras pamatmotīvs ir bezgalīgas lentas (sk. 146.att. b), visbiežāk tās uzskatāmas kā izveidotas no divām ķēdītēm, kuras posmi atbilst $[\text{Si}_2\text{O}_6]^{4-}$ grupām. Divas ķēdītes saliek kopā tādā veidā, lai veidotos regulāri sešstūri no silīcija-skābekļa tetraedriem un viena ķēdīte būtu otras ķēdītes spoguļa attēls. Ķīmisko saiti starp ķēdītēm realizē ar skābekļa jonu starpniecību. Šādi iegūtu lentu var uzskatīt arī kā regulāru no silīcija-skābekļa tetraedriem veidotu

sešstūru bezgalīgu virkni jeb ķēdi. Lentas atsevišķie posmi jeb atkārtojušies struktūras motīvi atbilst $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]^{6-}$ grupām.



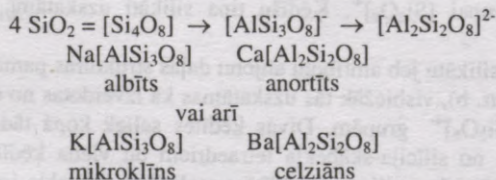
Kārtaino silikātu struktūras pamatmotīvs ir bezgalīgas kārtas (sk. 147.att.), kas izveidotas no silīcija-skābekļa tetraedriem.

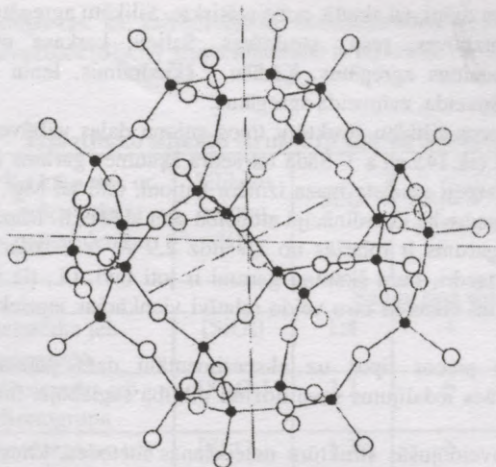
147.attēls. Kārtaino silikātu struktūras pamatmotīvs.

Kārtainos silikātos ikviena tetraedra trīs virsotnes simetriski saistītas ar citu tetraedru virsotnēm (starp plāksnēm, kuras realizē Si-O-Si saistību, ir 120° leņķis). Pastāvot šādai silīcija-skābekļa tetraedru saistībai, kārtā uzskatāma kā regulāru šo tetraedru sešstūru bezgalīgs salikums vai veidojums plāksnē. Tetraedru ceturtajā virsotnē esošie vienā virzienā orientētie skābekļa joni ar katjonu starpniecību savukārt realizē kārtu savstarpējo saistību, izveidojot kristālisko režģi. Kārtā uzskatāma kā izveidota no $[\text{Si}_4\text{O}_{10}]^{4-}$ grupām, resp., šī grupa ir simetriski atkārtojošās struktūras motīvs. Tāpēc kārtaino silikātu formulās šī grupa atbilst anjonu daļai. Kārtainos silikātos silīcijs izomorfi var aizvietoties ar alumīniju, veidojot $[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]^{5-}$ struktūras motīvu. Kārtainie silikāti, kuros daļa silīcija jonu izomorfi aizvietoti ar alumīnija joniem, klasificējami kā kārtainie alumosilikāti. Kārtainie silikāti ir kaolinīts, haluazīts, alumosilikāti - montmorilonīts, hidrovizlas, hlorīti.

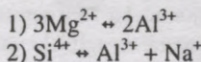
Karkasa tipa silikātu anjonu daļas struktūras pamatmotīvs (sk. 148.att.) ir bezgalīgs karkass (telpisks veidojums) no silīcija (alumīnija)-skābekļa tetraedriem. Šajos silikātos visas četras tetraedra virsotnes simetriski saistītas ar citu tetraedru virsotnēm. Tipiskas karkasa tipa struktūras minamas kvarcam, tridimitam un kristobalītam, lai gan, no ķīmiskā sastāva viedokļa, šie minerāli pieskaitāmi oksīdiem.

Karkasa tipa silikāti nosacīti uzskatāmi kā kvarca atvasinājumi pēc sekojošas shēmas:





Karkasa tipa silikāti pēc būtības ir alumosilikāti, t.i., tādi veidojumi, kuru kristāliskajā režģī daļu silīcija jonu izomorfi aizvieto ar alumīnija joniem. Heterovalentā izomorfisma gadījumā notiek valences kompensācija, piemēram:



148.attēls. Karkasa tipa silikātu struktūras pamatmotīvs.

Šajos silikātos alumīnija jona koordinācijas skaitlis, attiecībā pret skābekli, ir 4. Nātrija, kālija un kalcija alumosilikātus sauc par laukšpatiem. Nātrija un kalcija laukšpatiem piemīt īpašība, veidot nepārtrauktu rindu cietos šķīdumos. Šos nātrija un kalcija cietos šķīdumus sauc par plagioklaziem. Karkasa tipa silikātu formulās anjonu daļa atbilst grupai $\text{Al}_m\text{Si}_{n-m}\text{O}_{2n}^{m-}$.

20.tabula

Izplatītākie izovalentā izomorfisma gadījumi silikātos

Rinda	Elementi un to jonu rādiusi, Å				
Divvērtīgā	Mg 0,74	Ni 0,74	Fe 0,80	Mn 0,80	Ca 1,04
Trīsvērtīgā	Al 0,57	Fe 0,67			
Četrvērtīgā	Ti 0,64	Zr 0,82	Hf 0,80	Si 0,39	
Vienvērtīgā	K 1,33	Na 0,98	Rb 1,49	Cs 1,65	

Silikātus, kuros daļa Si^{4+} tetraedros aizvietojušies ar Al^{3+} , sauc par alumosilikātiem, ar B^{3+} - par borsilikātiem, ar Be^{2+} - par berilosilikātiem, ar Zr^{4+} - par cirkonsilikātiem.

Silikātu sastāvā būtiska nozīme ir papildus joniem, kuri var būt vai nu vienkārši, vai arī kompleksi. Pie vienkāršiem pieskaitāmi O^{2-} , F, Cl, pie kompleksiem - (OH), $(\text{PO}_4)^{3-}$, $(\text{SO}_4)^{2-}$, $(\text{CO}_3)^{2-}$ un H_2O . H_2O silikātos var būt kā kristalizācijas, ceolita un higroskopiskais ūdens. Silikāti, tāpat kā oksīdi, ir stabili, noturīgi un skābēs grūti šķīstoši minerāli. Silikātu morfoloģiju nosaka to sarežģītais ķīmiskais sastāvs un struktūra, kā arī kristalizācija zemākās singonijās. Silikātiem raksturīgi ir likumsakarīgi

saaugumi (paralēlie un epitaksālie) un dvīņi, tai skaitā, polisintētiskie. Silikātu agregātu tips ir atkarīgs no to iekšējās uzbūves, resp., struktūras. Saliņu, karkasa un gredzenveidīgie silikāti veido graudainus agregātus. Ķēdīšu - šķiedrainus, lentu - adatānus, starveida, kārtainie - plākšņveida, zvīņveida agregātus.

Līdz šim aplūkotojos visos piecos silikātu struktūru tipos anjonu daļas uzbūves vienība ir silīcija skābekļa tetraedrs (sk.145.att.a). Šāda tetraedra šķautnes garums ir 2,55 – 2,75 Å. Šos tetraedrus savstarpēji sasaista maza izmēra katjoni, tādi kā Mg^{2+} , Fe^{2+} , Al^{3+} , Ti^{4+} u.c., kas atrodas oktaedriskā koordinācijā attiecībā pret skābekli. Mazo izmēru katjonu oktaedru šķautnes garums ir robežās no 2,7 līdz 2,9 Å. Var izdarīt secinājumu, ka šādi tetraedri un oktaedri, kuru šķautņu garumi ir ļoti tuvi, t.i., tie ir samērojami un telpiski savietojami un viens ar otru veido relatīvi vienkāršus iepriekš minētos struktūru pamattipus.

Silikātu struktūru iedalījumu piecos tipos uz eksperimentālu datu pamata izveidoja V.Bregs un L.Paulings. Šāds iedalījums savu nozīmi pilnībā saglabājis līdz šim laikam.

20.gs. 50.gados, kad bija pilnveidojušās struktūru noteikšanas metodes, krievu kristalogrāfs N.Belovs un viņa līdzstrādnieki noteica vairākas sarežģīta ķīmiskā sastāva silikātu struktūras, kā piemēram, ilvaitam $CaFe^{3+}Fe^{2+}(OH)[Si_2O_8]$, apofilitam $KCa_4[Si_4O_{10}]F \cdot 8H_2O$, okeanītam $Ca_3[Si_6O_{15}] \cdot 6H_2O$, ksonatītam $Ca_6[Si_6O_{17}](OH)_2$. Viņi konstatēja, ka vairākos no šiem silikātiem silīcija skābekļa radikāla jeb anjona uzbūves pamatvienība ir diortogrupa $[Si_2O_7]^{6-}$, kas piedalās gredzenu, ķēdīšu, lentu, kārtu un karkasa veidošanā. Visi minētie silikātu minerāli ir kalcija silikāti vai arī Zr, Ti, Ta, Ni, Mn u.c. augsttemperatūras elementus saturoši silikāti, bet kā likums, ar Na un Ca klātbūtni. No minētā izdarīja secinājumu, ka silikātos ar liela izmēra katjoniem anjona uzbūves pamatvienība ir grupa $[Si_2O_7]$, bet ne grupa $[SiO_4]$. Uz šī secinājuma pamata, N.Belovs silikātu kristālķīmiju iedalīja divās daļās: 1) Silikātu kristālķīmija ar maziem katjoniem un 2) Silikātu kristālķīmija ar lieliem katjoniem. Arī N.Belovs secināja, ka silikātu uzbūves noteicošā pamatvienība ir katjonu oktaedru rindas, kurām pielāgojas silīcija skābekļa radikāli. Silīcija skābekļa radikāli, kas ir mazaktīvi ķīmiskā analīzē, saglabā savu mazo aktivitāti arī silikātu struktūru veidošanā. Tie pielāgojas katjonu oktaedru rindām. Silīcija skābekļa radikāliem – ķēdītēm, lentām, kārtām un gredzeniem piemīt liela stiprība, bet vienlaicīgi arī spēja deformēties un pielāgoties katjoniem, t.i., pakļauties to ietekmei.

Diortogrupas augstums jeb trigonālās prizmas, kura ievietojama diortogrupā, šķautnes garums ir 4 Å. Šo garumu samēro ar lielo katjonu, tādu kā Na^+ , Ca^{2+} u.c. koordinācijas oktaedru šķautnes garumu, kas ir apmēram 3,8 Å.

Par silīcija skābekļa radikālu pakļaušanos katjonu ietekmei liecina arī kvarca monokristālu izaudzēšanas paņēmiena jeb tehnoloģijas izstrāde. Kvarca kristālu izaudzēt no šķīduma izdevās tikai tad, kad konstatēja nātrija jona klātbūtnes nepieciešamību tajā. Šajā gadījumā nātrija jons "atrāva" silīcija atomus - $[Si_2O_7]$ grupu no barojošās vielas un izdevīgā stāvoklī pārnesa un pievienoja kvarca kristāla iedīglim.

Arī nātrija kalcija silikātu stiklos visticamāk silīcija skābekļa radikāli ir $[Si_2O_7]$ grupu veidā. Šīs diortogrupas ir spējīgas kondensēties un veidot ķēdīšu, lentu, kārtu vai karkasa struktūras tipa fragmentus. Kā vislabākais apstiprinājums šādam priekšstatam

kalpo tas, ka, kristalizējoties šādam stiklam, virsējā kārtā izveidojas kristobalīts, kura struktūrā $[\text{Si}_2\text{O}_7]$ grupu klātbūtne ir visvairāk izteikta.

21.tabula

Izplatītāko silikātu struktūru tipi un to anjonu daļas uzbūves pamatvienības

Silikātu tips un anjonu daļas pamatvienība	Silikātu anjonu daļa	Si:O	Anjona vērtība	Vērtība uz vienu silīcija jonu	Minerāli	
					nosaukums	formula
Saliņu tipa silikāti						
tetraedrs jeb ortogrupa	$[\text{SiO}_4]$	1:4	-4	-4	Olivīns	$(\text{Mg,Fe})_2[\text{SiO}_4]$
ditetraedrs jeb diortogrupa	$[\text{Si}_2\text{O}_7]$	2:7	-6	-3	Tortveitīts	$\text{Sc}_2[\text{Si}_2\text{O}_7]$
gredzens no trīs tetraedriem	$[\text{Si}_3\text{O}_9]$	1:3	-6	-2	Katapleīts	$\text{Na}_2\text{Zr}[\text{Si}_3\text{O}_9] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
gredzens no četriem tetraedriem	$[\text{Si}_4\text{O}_{12}]$	1:3	-8	-2	Aksinīts	$\text{Ca}_3\text{Al}_2[\text{BO}_3\text{Si}_4\text{O}_{12}]\text{OH}$
gredzens no sešiem tetraedriem	$[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$	1:3	-12	-2	Berils Kordierīts	$\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$, $(\text{Mg,Fe})\text{Al}_3[\text{AlSi}_5\text{O}_{18}]$
Ķēdīšu tipa silikāti						
ķēdītes	$[\text{Si}_2\text{O}_6]$	1:3	-4	-2	Diomēds	$\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$
	$[\text{Si}_3\text{O}_9]$	1:3	-6	-2	Volastonīts	$\text{Ca}_3[\text{Si}_3\text{O}_9]$
Lentu tipa silikāti						
lentas	$[\text{Si}_4\text{O}_{11}]$	4:11	-6	-1,5	Ragmānis	
Kārtainā tipa silikāti						
kārtas	$[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$	2:5	-4	-1	Kaolinīts	$\text{Al}_4(\text{OH})_8[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$
Karkasa tipa silikāti						
karkass	$[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$			-1	Mikroklīns	$\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$
	$[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$			-2	Anortīts	$\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$

No struktūras ir atkarīgas arī silikātu fizikālās īpašības. Kārtainiem silikātiem piemīt ļoti laba skaldnība vienā virzienā. Ķēdīšu un lentu silikātiem - prizmatiska. Saliņu tipa silikātiem skaldnība ir vāja.

Cietība tikai nedaudz pazeminās, pārejot no saliņu tipa silikātiem uz ķēdīšu un lentu tipa silikātiem. Vidēji tā ir 5,5 - 7. Toties ievērojami samazināta cietība ir kārtainiem silikātiem, sasniedzot pat 1. Liela daļa silikātu ir ar mazu blīvumu (līdz 2,6) un sevišķi daudz ar vidēju blīvumu (līdz 3,5). Silikāti ar lielu blīvumu (virs 3,5) sastopami retāk.

Silikātu krāsa mēdz būt dažāda. Plānslīpējumos un pulverveidā visi silikāti ir caurspīdīgi.

Gaismas laušanas koeficients silikātiem ir tieši atkarīgs no blīvuma un ķīmiskā sastāva. Viszemākie gaismas laušanas koeficienti ir karkasa tipa silikātiem (no 1,48-1,6), visaugstākie - saliņu tipa silikātiem. Vidējs gaismas laušanas koeficients ir raksturīgs gredzenveidīgiem lentu un kārtainiem silikātiem.

Silikāti galvenokārt ir izveidojušies endogēnā procesā - tiešā magmatiskā un pegmatītu stadijā. Daudz retāk sastopami silikāti, kuri izveidojušies metamorfozos un eksogēnos procesos.

2.8.2. Silikāti ar izolētiem silīcija skābekļa tetraedriem vai izolētām tetraedru grupām

Olivīna grupa

Šajā grupā ietilpst minerāli ar izolētiem silīcija skābekļa tetraedriem struktūrā. Galvenie katjoni, kas ietilpst to sastāvā ir: Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} un Ca^{2+} . Saliņu tipa silikātos silīcijs ļoti reti izomorfi aizvietojas ar alumīniju, šī tipa silikātos neeksistē savienojumi ar sārmu metāliem. Saliņu tipa silikātos ir novērojams ļoti blīvs atomu sakārtojums, kas atspoguļojas to fizikālajās īpašībās. Ar nelieliem izņēmumiem, tiem ir lielāka cietība un blīvums salīdzinot ar atbilstošiem savienojumiem, kas attiecas uz citiem silikātu struktūras tipiem. Galvenie šīs grupas pārstāvji - forsterīts $Mg_2[SiO_4]$, minerāls nosaukts par godu angļu minerālu kolekcionāram un tirgotājam A. Forsteram (Adolarius Jacob Forster, 1739-1806), fajalīts $Fe_2[SiO_4]$, nosaukts pēc atrašanās vietas Fajala salās (Azoru arhipelāgs) un tefroits $Mn_2[SiO_4]$, nosaukums radies no gr.val. - pelnu krāsa - veido izomorfo rindu.

Olivīns (Mg, Fe) $_2[SiO_4]$ Nosaukums saistīts ar tā olīvu zaļo krāsu. Sinonīmi: peridots, hrizolīts (dārgakmens).

Ķīmiskais sastāvs. Forsterīts - 57,11 % MgO , 42,89 % SiO_2 ; fajalīts - 70,57 % FeO , 29,43 % SiO_2 ; tefroits - 70,25 % MnO , 29,75 % SiO_2 . Olivīnos MgO saturs svārstās 40-50 %, FeO - 5-20 % un SiO_2 - 36-43 %.

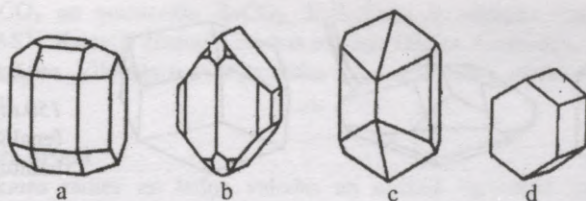
Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 4$. Rombisks. Simetrija $3L_23PC$.

Agregāti un habituss. Olivīna grupas minerāli veido graudainus agregātus, kristāli sastopami reti un tiem raksturīgs īss stabveida habituss (sk. 149.att.).

Fizikālās īpašības. Blīvums 3,22 (Mg_2SiO_4) līdz 4,39 (Fe_2SiO_4), olivīnam ap 3,3-3,4 (g/cm^3); cietība 6-7 (pēc Moosa); skaldnība - laba. Olivīns ir olīvu zaļš, balts (forsterīts) un brūns līdz melnam (fajalīts), pelēks (tefroits); spīdums - stikla; caurspīdīgs līdz puscaurspīdīgam.

Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammās (Å): 2,497; 2,441; 1,741 (forsterītam) un 3,707; 2,850; 1,755 (fajalītam). HCl gandrīz nešķīst, koncentrētā H_2SO_4 šķīst ar SiO_2 gela izdalīšanos.

Mākslīgā ieguve. Olivīna grupas minerālus iegūst no atbilstoša sastāva kausējumiem.

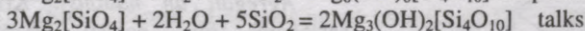
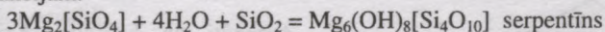


149.attēls. Minerāla olivīna kristāla habituss: a – parastā forma; b – magmatiskas izcelsmes kristāls; c – pneimatolītiskas izcelsmes kristāls; d – kristāls no kontaktiežiem.

Veidošanās un sastopamība. Olivīns ir tipisks magmatiskas izcelsmes minerāls. Veidojas bāzisko un ultrabāzisko magmu kristalizācijas procesā. Nereti pilnībā sastāda dunitus, daži bazalti satur graudainu olivīnu ieslēgumus. Forsterīts veidojas dolomitizētu kaļķakmeņu metamorfozē. Ievērojami olivīna krājumi atrodas Urālu kalnu austrumu nogāzē, kur tas ir asociācijā ar hromītu, piroksēniem, tīrdrūnu platīnu u.c. minerāliem. Dažreiz olivīns izveidojies kontakta pneimatolītiskā procesā.

Forsterīts un olivīns nepastāv kombinācijā ar brīvu SiO_2 , jo tas reaģē ar tiem, veidojot piroksēnu, kā rezultātā olivīns un kvarcs nevar vienlaicīgi kristalizēties iežos. Tikai fajalīts nereaģē ar SiO_2 , saskaņā ar ko tas sastopams dažos granītos. Olivīnu īpatnība ir tā, ka tajos praktiski nav alumīnija, acīmredzot Mg un Si aizvietošanās ar Al olivīnos nav iespējama.

Sairšana un pseidomorfozes. Hidrotermālos apstākļos silīcijskābi saturošo šķīdumu iedarbības rezultātā no olivīna veidojas serpentīns un talks saskaņā ar sekojošām reakcijām:



Uz Zemes virsmas no olivīna, atmosfēras iedarbībā, izveidojas dzelzs un mangāna hidroksīdi. Visi šie minerāli veido olivīna pseidomorfozes.

Izmantošana. Fajalīts kūst 1205 °C temperatūrā, forsterīts - 1890 °C, tāpēc magneziālo olivīnu ar ļoti augstu kušanas punktu izmanto ugunsizturīgu ķieģeļu ražošanai. Olivīnu izmanto arī akmenslējumu izstrādājumu ieguvei. Olivīna savdabi hrizolītu izmanto kā dārgakmeni rotaslietu izgatavošanai.

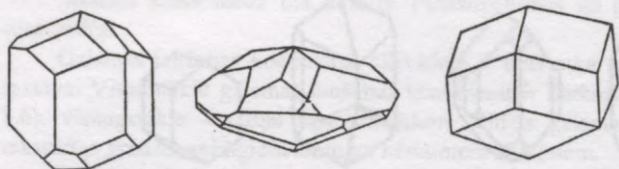
Fenakīta grupa

Fenakīts $\text{Be}_2[\text{SiO}_4]$ Nosaukums radies no grieķu valodas, kas nozīmē mānītājs, saskaņā ar to, ka tā kristāli ir līdzīgi kvarca kristāliem.

Ķīmiskais sastāvs. BeO - 45,5 %, SiO_2 - 54,5 %. Satur MgO, CaO, Al_2O_3 un Na_2O piemaisījumus.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 18$. Trigonāls. Simetrija L_3C .

Agregāti un habituss. Fenakīts parasti sastopams romboedrisku, retāk prizmatisku kristālu veidā (sk. 150.att.), kas ieauguši iezī. Kristāli reizēm var sasniegt ievērojamus izmērus un ir ļoti veidot.



150.attēls. Minerāla fenakīta kristālu habituss.

Fizikālās īpašības. Blīvums 2,96-3,0 (g/cm^3); cietība 7,5-8 (pēc Moosa); skaldnība – laba; bezkrāsains līdz dzeltenam vai rozīgam; spīdums – stiklains, taukains.

Diagnostikas pazīmes. Raksturīgi romboedriski kristāli. Galvenās līnijas rentgenogrammās (Å): 2,51; 2,18; 1,26. Skābēs nešķīst.

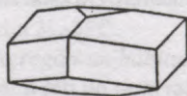
Veidošanās un sastopamība. Fenakīts ir tipisks pegmatītu minerāls. Visbiežāk sastopams sārmaino iežu pegmatītu dzīslās, kā arī atrasts hidrotermālās dzīslās un metasomatiskās zonās. Fenakīts mēdz būt kopā ar berilu, topāzu, amazonītu, adulāru un hematītu. Zināmas fenakīta atradnes Norvēģijā, kur atrasti līdz 30 cm lieli kristāli.

Izmantošana. Fenakītu, asociācijā ar berilu, izmanto kā rūdu berilija ieguvei. Retāk to izmanto kā dārgakmeni.

Vilemīts $\text{Zn}_2[\text{SiO}_4]$ Nosaukts Nīderlandes karaļa Viljama I vārdā.

Ķīmiskais sastāvs. Satur ZnO - 73,0 %, SiO_2 - 27,0%. Bieži Mn^{2+} aizvieto daļu Zn, nedaudz var saturēt arī Fe^{2+} piemaisījumus.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z=18$. Trigonāls. Simetrija L_3C .



Agregāti un habituss. Kristālu veidā sastopams reti, parasti prizmatisku vai romboedrisku kristālu veidā. Parasti tas sastopams rupj- līdz sīkgraudainos masīvos veidojumos (sk. 151.att.).

151.attēls. Minerāla vilemīta kristālu habituss.

Fizikālās īpašības. Blīvums 3,9-4,2 (g/cm^3); cietība 5-6 (pēc Moosa); skaldnība – laba; krāsa - balta, dzeltena, zaļa, sarkani brūna vai melna; spīdums - stiklains līdz taukainam; caurspīdīgs līdz puscaurspīdīgam.

Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammās (Å): 2,84; 2,64; 1,42. Smalkā pulverī šķīst HCl, izdalot SiO_2 gelu.

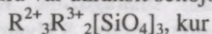
Veidošanās un sastopamība. Vilemīts parasti ir kontakta vai arī eksogēnais veidojums cinka rūdu augšējos slāņos. Pirmajā gadījumā tas ir asociācijā ar franklīnītu (Zn,Mn) Fe_2O_4 un cinkītu ZnO, otrajā gadījumā – ar galenītu PbS, sfalerītu ZnS, kā arī

cerusītu $PbCO_3$ un smitsonītu $ZnCO_3$. Ievērojama ir vīlemīta Franklinas atradne Ņūdžersijā ASV. Krievijā zināma Tetjuhas atradne Tālajos Austrumos.

Izmantošana. Vīlemīts ir svarīga cinka rūda, to izmanto arī fluorescējošu ekrānu izgatavošanai.

Granāta grupa

Nosaukums rādies no latīņu valodas un nozīmē "graudam līdzīgs". Granāta grupas kopējo formulu var uzrakstīt sekojoši:

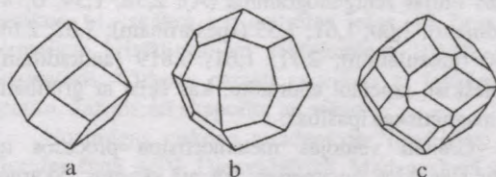


$R^{2+} = Ca, Fe, Mg$ vai arī Mn

$R^{3+} = Al, Cr, Fe, Mn$

Minerālu struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 8$. Kubisks. Simetrija $3L_44L_36L_29PC$.

Agregāti un habituss. Visizplatītāko granātu kristālu formas ir rombododekaedrs. Retāka forma ir tetragontrioktaedrs (sk. 152.att.).



152.attēls. Minerāla granāta kristālu habituss: a – rombododekaedrs; b – tetragontrioktaedrs; c – tetragontrioktaedra un dodekaedra kombinācija.

Fizikālās īpašības. Blīvums 3,6-4 (g/cm^3); cietība 7-7,5 (pēc Moosa); skaldnības nav; spīdums stiklains līdz piķa; krāsa mainās, atkarībā no sastāva, visbiežāk tumši sarkana līdz sarkani brūnai.

Granātu paveidi.

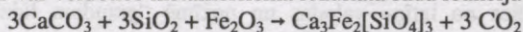
Pirops $Mg_3Al_2[SiO_4]_3$ Parasti kā piemaisījumus satur Ca un Fe^{2+} . Krāsa tumši sarkana. Bieži caurspīdīgs un šajā gadījumā tiek izmantots kā dārgakmens. Nosaukums radies no grieķu valodas un nozīmē ugunīgais, sakarā ar tā uguns sarkano krāsu. Pirops ir retāk sastopams nekā citi granātu grupas minerāli. Tas sastopams ultrabāziskos iežos, kā arī ar Mg bagātos metamorfos iežos.

Almandīns $Fe_3Al_2[SiO_4]_3$ Fe^{3+} joni var aizvietot Al , bet $Mg - Fe^{2+}$. Krāsa var būt sarkana līdz tumši sarkanai, caurspīdīgais paveids izmantojams kā dārgakmens. Nosaukums radies no atrašanas vietas Alabandā Mazāzijā, kur senos laikos prata apstrādāt granātus. Šis granāts ir sastopams gneisos un slānekļos, retāk - arī pegmatītos.

Spesartīns $Mn_3Al_2[SiO_4]_3$ Parasti Fe^{2+} joni aizvieto Mn^{2+} un $Fe^{3+} - Al$. Krāsa brūna līdz sarkanai. Nosaukums radies no atrašanas vietas Spesartā Bavārijas Z-R. Daudzi granāti granītu pegmatītos ir spesartīni vai granāti, kas ir starpstāvoklis starp spesartīnu un almandīnu. Spesartīns sastopams arī metamorfizētos Mn-saturošos iežos.

Grosulārs $Ca_3Al_2[SiO_4]_3$ (gesonīts, brūnais akmens) Parasti Fe^{2+} aizvieto Ca un Fe^{3+} aizvieto Al . Balts, zaļš, dzeltens, brūns, bāli sarkans. Nosaukums radies no latīņu valodas botāniska termina "grossularium", kas nozīmē ērkšķoga, pēc līdzības ar ērkšķogu gaiši zaļo krāsu. Sastopams serpentīnītos, skarnos u.c.

Andradīts $\text{Ca}_3\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]_3$ Visizplatītākais no granātiem. Al var aizvietot Fe^{3+} ; Fe^{2+} , Mn^{2+} un Mg var aizvietot Ca. Krāsa ir dažādu nokrāsu dzeltēna, zaļa, brūna līdz melnai. Zaļais paveids ar dimanta spīdumu tiek izmantots kā dārgakmens un to sauc par demantoīdu. Nosaukts brazīliešu mineraloga d'Andrada Silvas vārdā, kas pētīja un aprakstīja šo minerālu. Andradīts sastopams tādos pašos ģeoloģiskos veidojumos kā grosulārs. Tas var veidoties metamorfisma rezultātā šādā reakcijā:



Uvarovīts $\text{Ca}_3\text{Cr}_2[\text{SiO}_4]_3$ Krāsa uvarovītam smaragdzaļa. Kristalizējas kubiskā singonijā, parasti dodekaedru veidā. Nosaukts grāfa S.Uvarova vārdā. Visretāk sastopamais minerāls no granātu grupas, atrodams serpentīnītos, kas asociējas ar hromītu. Pati ievērojamākā atradne atrodas Somijā.

Melanīts $\text{Ca}_3(\text{Fe},\text{Ti})_2[\text{SiO}_4]_3$ Krāsa melanītam ir melna. Sastopams sārmainos magmatiskos iežos. Nosaukums grieķu valodā nozīmē - melns.

Šorlomīts $\text{Ca}_3(\text{Fe},\text{Ti})_2(\text{Si},\text{Ti})\text{O}_4]_3$ Šorlomīts var būt kā melnā, tā arī brūni melnā krāsā.

Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammā (Å): 2,58; 1,54; 0,784 (piropam); 2,59; 1,54; 1,071 (almandīnam); 2,60; 1,61; 1,55 (spesartīnam); 3,02; 2,69; 1,60 (uvarovītam); 2,66; 1,58; 1,10 (grosulāram); 2,71; 1,61; 0,819 (andradītam). Granāta grupas minerāli sālskābē nešķīst, izņemot andradītu, kas šķīst ar grūtībām. Dzelzi saturošiem paveidiem piemīt magnētiskas īpašības.

Veidošanās un sastopamība. Granāti veidojas metamorfisma procesos un sastopami vizlu, ragmāņu un hlorītu slānekļos un gneisos, kā arī skarnos. Skarnos granāti var izveidoties endokontaktu zonā no plagioklaziem vai eksokontaktu zonā no kalķakmeņa, ja tam ir iespēja reaģēt ar SiO_2 . Skarnos granāti asociējas ar kalcītu CaCO_3 , diopsīdu $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$, vezuviānu $\text{Ca}_{10}\text{Al}_4(\text{Mg},\text{Fe})_2(\text{OH},\text{F})_4[\text{SiO}_4]_5[\text{Si}_2\text{O}_7]$ un epidotu $\text{Ca}_2(\text{Al},\text{Fe})_2(\text{OH})\text{O}[\text{SiO}_4][\text{Si}_2\text{O}_7]$. Slānekļos – ar hlorītu, distēnu Al_2SiO_5 , staurolītu $\text{Fe}_2\text{Al}_9\text{O}_7(\text{OH})[\text{SiO}_4]_4$ un vizlu. Uvarovīts bieži sastopams kopā ar hromītu. Pazīstami arī granāti, kas veidojušies magmatiskos procesos, kā, piemēram, almandīns un pirops. Magmatiskā procesā veidojušos granātu kristāliem raksturīga tetragontrioktaedra forma, bet kontakta procesos veidojušos granātiem ir rombododekaedriskā forma. Granāti sastopami Pensilvānijas, Ņujorkas un Džordžijas štatos ASV, kā arī Krievijā – Karēlijā un Dienvidurālos.

Izmantošana. Granātus, it sevišķi almandīnu, izmanto kā abrazīvu materiālu. Vienmērīgi iekrāsotos granātus, kā, piemēram, piropu, izmanto kā dārgakmeni.

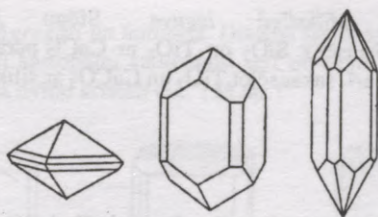
Cirkona grupa

Cirkons $\text{Zr}[\text{SiO}_4]$ Nosaukums radies no persiešu valodas “zar” – zelts, “gun” - krāsa, tātad zelta krāsā.

Ķīmiskais sastāvs. ZrO_2 - 67,01 % (Zr - 49,5 %) un SiO_2 - 32,99 %. Cirkoni dabā satur arī hafniju (pat līdz 24 %), kā arī Y (līdz 18 %), P, Nb.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 4$. Tetragonāls. Simetrija L_44L_25PC .

Agregāti un habituss. Parasti sastopams kristālu veidā, kas var sasniegt ievērojamus izmērus. Cirkona kristāli izstiepti galvenās ass virzienā, bet reizēm ir arī saīsināti. Parasti tie ir stabveida, retāk – izometriski (sk. 153.att.).



153.attēls. Minerāla cirkona kristālu habituss.

Fizikālās īpašības. Blīvums 4,68-4,70 (g/cm³); cietība 7-8 (pēc Moosa); skaldnība – vāja; krāsa - brūngana, bet var būt arī pelēks, zaļš, sarkans vai bezkrāsains; spīdums – dimanta; parasti ir puscaurspīdīgs, reizēm - caurspīdīgs.

Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammās (Å): 3,29; 2,52; 1,71. Skābēs nešķīst.

Veidošanās un sastopamība. Cirkons veidojas tiešās magmatiskās un pegmatīta stadijas procesos. Pirmajā gadījumā tas sastopams kā aksesoriālais minerāls granītos un sienītos, t.i., skābos vai neitrālos iežos, kā šiem iežiem atbilstošo magmu viens no pirmajiem kristāliskajiem veidojumiem. Biežāk cirkoni ir sastopami sārmaino iežu pegmatītos. Cirkons parasti asociējas ar laukšpatiem, korundu, nefelīnu, pirohloru, apatītu, dažreiz arī skapolītu un sfēnu.

Nozīmīgas cirkona atradnes ir Norvēģijas dienvidos, Ilmeņa kalnos Krievijā, Floridas štatā ASV, Dienvidāfrikā, Madagaskarā un Austrālijā. Tā kā cirkona ķīmiskā izturība ir ļoti laba, tas uz Zemes virsmas sastopams kā kļiedņu minerāls kopā ar zeltu, kasiterītu, ilmenītu, monacītu u.c. minerāliem.

Izmantošana. Cirkonu izmanto cirkonija oksīda ieguvei, kuram piemīt ļoti augsta ugunsizturība, kā arī skābes izturība. Cirkons ir arī vienīgā rūda hafnija ieguvei, no tā iegūst daudzus retus elementus, ko cirkons satur kā piemaisījumus. Causpīdīgos krāsainos cirkona minerālus, piemēram, sarkanbrūno vai oranžo hiacintu, izmanto kā dārgakmeņus.

Sfēna grupa

Sfēns (titanīts) CaTiO[SiO₄] Nosaukums radies no grieķu valodas, kurā sfēns nozīmē – ķīlis, saskaņā ar tam raksturīgo kristāla habitusu.

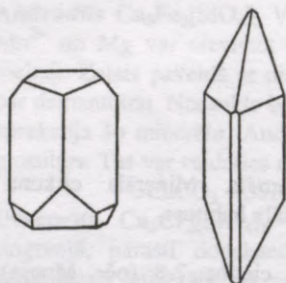
Ķīmiskais sastāvs. CaO – 28,6 %, TiO₂ – 40,8 %, SiO₂ – 30,6 %. Satur (Ce, Y)₂O₃ (līdz 12 %), Sn (līdz 10 %), kā arī Nb, Cr.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā Z = 4. Monoklīns. Simetrija L₂PC.

Agregāti un habituss. Sfēns parasti sastopams sīku plākšņveida vai ķīļveida kristālu formā (sk. 154.att.), kas iekļauti iezī, vai arī drūzu veidā uz plaisu sienām. Reti veido graudainus agregātus.

Fizikālās īpašības. Blīvums 3,3-3,6 (g/cm³); cietība 5-6,5 (pēc Moosa); skaldnība – laba; krāsa – dzeltena, brūna, zaļa, reizēm arī sarkana vai pelēka; svītras krāsa – balta; spīdums - dimanta.

Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammās: 3,20; 2,98; 2,59. Šķīst H₂SO₄, veidojot kalcija sulfātu, kā arī – daļēji karstā HCl.



Mākslīgā ieguve. Sfēnu iegūst, sakausējot SiO_2 un TiO_2 ar CaCl_2 pārākumā, kā arī, sakausējot TiO_2 un CaCO_3 ar silikātiem.

154.attēls. Minerāla sfēna kristālu habituss.

Veidošanās un sastopamība. Sfēns veidojas galvenokārt magmatiskās stadijās un metamorfos procesos. Tomēr zināms arī hidrotermālas izcelsmes sfēns. Magmatiskās izcelsmes sfēns sastopams kā akcesorais minerāls vairākos magmatiskos iežos. Metamorfā procesā sfēns veidojas, pārveidojoties primāriem titānu saturošiem minerāliem kontakta zonā ar kaļķakmeni. Tur sfēns asociējas ar diopsīdu, amfiboliem, ilmenītu, hlorītiem, apatītu, granātiem un epidotu. Hidrotermālais sfēns asociējas ar adulāru, albītu, aktinolītu. Vairākas sfēna atradnes ir Urālu kalnos, tas atrodams kā akcesorais minerāls vairākās vietās Ukrainas magmatiskos iežos. Labi izveidoti sfēna minerālu kristāli atrodami vairākās atradnēs Šveicē un Itālijā.

Sairšana. Sadēdēšanas rezultātā ap sfēnu izveidojas leikoksēna (slēpti kristāliska pārveidota ilmenīta) garoza. Uz Zemes virsmas no sfēna izveidojas kalcīts un titāna oksīdi.

Izmantošana. Sfēns ir svarīgs TiO_2 ieguves avots, ko, savukārt, izmanto par krāsvielu. Mazāk izmanto kā dārgakmeni.

Distēna grupa

Šajā grupā ietilpst trīs minerāli – silimanīts, andaluzīts un distēns jeb kianīts. Tās ir polimorfās modifikācijas, kuru ķīmiskais sastāvs atbilst empīriskai formulai - Al_2SiO_5 . To struktūra ir dažāda, tāpēc arī kristālķīmiskās formulas ir atšķirīgas: silimanītam - $\text{Al}[\text{AlSiO}_5]$, andaluzītam $\text{AlAlO}[\text{SiO}_4]$, distēnam $\text{Al}_2\text{O}[\text{SiO}_4]$.

Distēns (kianīts) Al_2SiO_5 jeb $\text{Al}_2\text{O}[\text{SiO}_4]$ Nosaukums kianīts radies no grieķu valodas vārda “kianos” – zila krāsa. Distēna nosaukums radies no grieķu valodas “di” – divreiz un “stenos” - spēks (divos virzienos tam ir atšķirīga cietība).

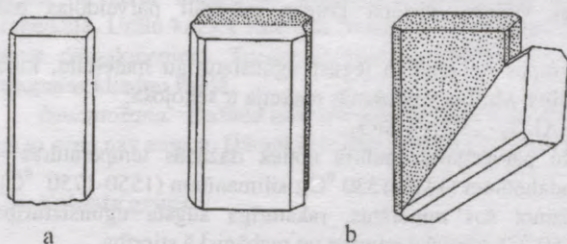
Andaluzīts Al_2SiO_5 jeb $\text{AlAlO}[\text{SiO}_4]$ Nosaukums radies no atrašanas vietas Andalūzijā Spānijā.

Silimanīts Al_2SiO_5 jeb $\text{Al}[\text{AlSiO}_5]$ Nosaukts amerikāņu ķīmiķa un ģeologa B.Silimana vārdā.

Ķīmiskais sastāvs. Al_2O_3 – 63,1 % un SiO_2 – 36,9 %. Kā piemaisījumus distēns var saturēt Cr (līdz 1,8 %); andaluzīts – Fe un Mn (līdz 7 %, veidojot mangāna paveidu – viridīnu); silimanīts – Fe_2O_3 (līdz 2-3 %).

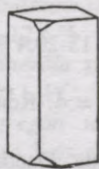
Minerālu struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 4$. Distēns ir triklīns, andaluzīts un silimanīts – rombiski. Simetrija distēnam – C, andaluzītam un silimanītam – $3L_23PC$.

Agregāti un habituss. Distēns sastopams starainu un dzīslainu agregātu veidā. Tā kristāli sastopami salīdzinoši reti un tiem ir stabveida habituss, bieži sastopami arī distēna dvīņu kristāli (sk. 155.att.).



155.attēls. Minerāla distēna kristālu habituss: a - vienkāršs kristāls; b - dvīņi.

Andaluzīts veido starainus un graudainus agregātus, tā kristāliem ir stabveida prizmatisks apveids (sk. 156.att.). Silimanītu grūti atšķirt no andaluzīta. Izteikti



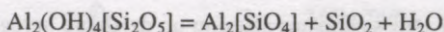
silimanīta kristāli sastopami reti un tie parasti izstiepti trešās ass virzienā. Uz adatveida kristāliem var noteikt tikai dažu skaldņu atrašanos. Gala skaldnes silimanīta kristālos gandrīz nav sastopamas.

156.attēls. Minerāla andaluzīta kristālu habituss.

Fizikālās īpašības. Blīvums (g/cm^3): distēnam – 3,5-3,7; andaluzītam – 3,1-3,2; silimanītam – 3,23; cietība (pēc Moosa): distēnam – 4,5-7 (vienā virzienā 4,5; bet otrā – 7); andaluzītam 7-7,5; silimanītam – 6-7,5; skaldnība distēnam – ļoti laba; andaluzītam – laba, silimanītam – ļoti laba; krāsa – distēnam – gaiši zila, zila, reizēm – zaļa, dzeltena, retāk – bezkrāsaina; andaluzītam – pelēka, dzeltena, brūna, rozā un sarkana; silimanītam – pelēka, gaiši brūna, bāli zaļa; spīdums visiem trim minerāliem ir stiklains; distēnam – uz skaldnības plaknēm – perlamutra.

Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammās (Å): 3,32; 3,17; 1,373 (distēnam); 4,53; 2,17; 1,46 (andaluzītam); 3,385; 2,537; 2,180 (silimanītam). Skābēs nešķīst.

Veidošanās un sastopamība. Šīs grupas minerāli galvenokārt veidojas metamorfos procesos. To rūpnieciski izmantojamās atradnes, pēc izcelsmes iedalāmas divos tipos: kontakta pneimatolītiskās un metamorfās. Kontakta pneimatolītiskās atradnēs izveidojās sekundārie kvarcīti. Ar sekundāro kvarcītu veidošanos notiek arī andaluzīta veidošanās, t.i. no laukšpata izveidojas andaluzīts un kvarcs. Distēna grupas minerāli parasti asociējas ar kvarcu, korundu, hematītu, magnetītu un vizlām. Šo minerālu klāstu bieži papildina arī topāzs, turmalīns un berils. Metamorfā tipa atradnes raksturīgākas distēnam un silimanītam. Šīs atradnes parasti ir izveidojušās pirmskembrija stipri metamorfizētos iežos. Metamorfā procesā notiek reakcijas pie augsta spiediena un augstā temperatūrā, kā rezultātā no māla minerāliem un alumosilikātiem rodas distēna grupas minerāli, piemēram, šādā reakcijā:

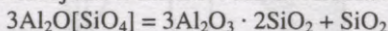


kaolinīts

Ievērojamas distēna grupas minerālu atradnes ir ASV Kalifornijas štatā, Indijas ziemeļos, Austrālijas dienvidos, Krievijā Urālos un Aizbaikālā, Kazahstānā u.c.

Sadēdēšana. Uz Zemes virsmas distēna grupas minerāli pārveidojas par muskovītu un hlorītiem.

Izmantošana. No šīs grupas minerāliem iegūst ugunsizturīgu materiālu, kurā noteicošais savienojums ir mullīts. Mullīta veidošanās reakcija ir sekojoša:



Distēna grupas minerālu pārvēršanās mullītā notiek dažādās temperatūrās – distēnam (1100-1410 °C); anadaluzītam (1410-1530 °C); silimanītam (1550-1750 °C). Mullītam, ko iegūst, apdedzinot šos minerālus, raksturīga augsta ugunsizturība (kušanas temperatūra 1825-1850 °C), ķīmiskā izturība un mehāniskā stiprība.

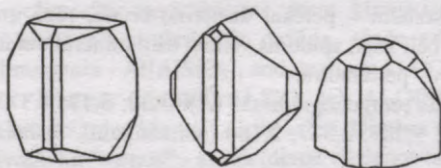
Topāza grupa

Topāzs $\text{Al}_2(\text{F,OH})_2[\text{SiO}_4]$ Nosaukums radies no Topazos salas nosaukuma Sarkanā jūrā, kas nozīmē “meklēt”, jo šī sala bieži bija tīta miglā.

Ķīmiskais sastāvs. Al_2O_3 – 48,2-62,0 %; SiO_2 – 28,2-39,0 %; F – 13-20,4 %; H_2O – līdz 2,45 %.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 4$. Rombisks. Simetrija $3L_23PC$.

Agregāti un habituss. Parasti sastopams atsevišķu kristālu veidā. Daudz retāk veido graudainus un masīvus agregātus. Topāza kristāli reizēm sasniedz ievērojamus izmērus (zināmi topāzi, kuru masa sasniedz dažus desmitus kilogramu). Kristālu ārējā forma ir prizmatiska (sk. 157.att.). Topāza kristāli bagāti ar vienkāršām formām (pazīstamas vairāk kā 140).



157.attēls. Minerāla topāza kristālu habituss.

Fizikālās īpašības. Blīvums 3,5-3,6 (g/cm^3); cietība – 8 (pēc Moosa); skaldnība – laba; parasti – bezkrāsains vai pelēks, retāk – rozā, dzeltens, sarkans, brūns, zaļš, zils, violets; spīdums – stiklains; caurspīdīgs; anizotropš; piemīt vājas piro- un pjezoelektriskās īpašības.

Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammās (Å): 2,96; 1,403; 1,384.

Mākslīgā ieguve. Mākslīgi topāzu iegūst, karsējot līdz 500 °C HF un H_2O ar SiO_2 , Al_2O_3 un alumosilikātu maisījumu.

Veidošanās un sastopamība. Topāzs sastopams pegmatītu un pneimatolītu dzīslās, skābo magmatisko iežu dzīslās (piem., granītos). Tā veidošanās procesu veicinājuši gaistošie fluoru saturošie savienojumi. Topāzs sastopams asociācijā ar

kvarcu, laukšpati, vizlām, kā arī kasiterītu, turmalīnu, fluorītu, berilu u.c. pneimatolītiski hidrotermālā procesa minerāliem. Topāzs ir tipisks minerāls greizenos, kas radušies no granītiem, tiem pārveidojoties pneimatolītiski hidrotermālā procesa aģentu iedarbības rezultātā. Laukšpati greizenos ir pārvērtušies par kvarcu un vizlu, parasti tie satur topāzu un kasiterītu. Ievērojamas topāza atradnes ir Brazīlijā, Aizbaikālā, Urālu kalnos Krievijā, Volīnijā Ukrainā u.c. Topāzu parasti iegūst kopā ar citiem dārgakmeņiem. Topāzs ir ķīmiski izturīgs, tāpēc uz Zemes virsmas tas ir sastopams kļiedņu veidā.

Izmantošana. Dažādu nokrāsu caurspīdīgos topāzus izmanto kā dārgakmeņus, lai gan to cena nav augsta. Dārgākie ir rozā, zilganie un tumši dzeltenie topāzi.

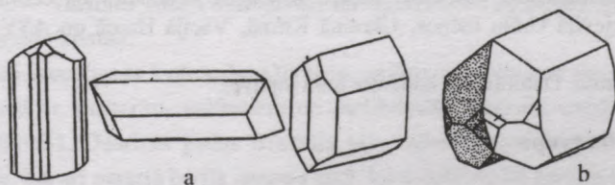
Epidota grupa

Epidots $(Ca,Ce)_2(Al,Fe)_3(OH)O[SiO_4][Si_2O_7]$ Grupā ietilpst mainīga sastāva minerāli no galējā kalciju saturošā minerāla – epidota, līdz galējam cēriju saturošam minerālam – ortītam. Epidota nosaukums cēlies no grieķu valodas vārda “epidosis” un nozīmē – palielinājums.

Ķīmiskais sastāvs. CaO – 23,5 %; Al_2O_3 – 24,1 %; SiO_2 – 37,9 %; H_2O – 1,9 %; Fe_2O_3 – 12,6 %.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 2$. Monoklīns. Simetrija L_2PC .

Agregāti un habituss. Parasti sastopams labi veidotu kristālu veidā, kam raksturīgs liels skaits vienkāršo formu (līdz 275) un sarežģītu kombināciju. Epidota kristāli parasti izstiepti, bieži veido dvīņu kristālus (sk. 158.att.). Epidots sastopams arī masīvu, šķiedrainu vai graudainu agregātu veidā.



158.attēls. Minerāla: a - epidota kristālu habituss; b - dvīņu kristāls.

Fizikālās īpašības. Blīvums 3,35-3,38 (g/cm^3); cietība – 6,5 (pēc Moosa); skaldnība – vāja; krāsa – sulīgi zaļa, zāles zaļa, reizēm arī melna vai sarkani violeta; spīdums – stiklains; caurspīdīgs.

Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammās (Å): 2,90; 2,40; 1,64. Iepriekš izkarsējot, šķīst HCl.

Veidošanās un sastopamība. Epidots ir veidojies metamorfisma procesā no kalcija karbonāta nogulumiežiem un bagātīgi kalciju saturošiem magmatiskiem iežiem, tiem pārveidojoties un darbojoties ar apkārtējiem iežiem. Epidots ir tipisks kontakta zonas minerāls. Tā veidošanās procesā būtiska nozīme ir hidrotermālām reakcijām, kas veicina kalciju saturošo laukšpatu, granātu, vezuviāna, skapolīta u.c. minerālu

pārveidošanos par epidotu. Epidota atradnes ir daudzās vietās. Labi izveidoti epidota kristāli sastopami Alpu un Urālu kalnos.

Izmantošana. Epidotu dažreiz izmanto kā lētu košuma akmeni.

Datolīts $\text{CaB}(\text{OH})[\text{SiO}_4]$ Nosaukums cēlies no grieķu valodas, kas nozīmē "dalīt" dažu tā paveidu graudainā izskata dēļ. Pie šīs grupas datolītu nosacīti var pieskaitīt saskaņā ar to, ka tā uzbūvē iespējams piedalās izolētas SiO_4 grupas. Daži mineraloģi datolītu pieskaita pie kārtainiem silikātiem.

Ķīmiskais sastāvs. $\text{CaO} - 35\%$; $\text{B}_2\text{O}_3 - 21,8\%$; $\text{SiO}_2 - 37,6\%$; $\text{H}_2\text{O} - 5,6\%$.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 4$. Monoklīns. Simetrija L_2PC .



Agregāti un habituss. Kristālu veidā reti sastopams, parasti kristāli ir īsi prizmatiski (sk. 159.att.), sastopams agregātu veidā, kā arī kā graudainas un blīvas masas, kas atgādina neglazētu porcelānu.

159.attēls. Minerāla datolīta kristāla habituss.

Fizikālās īpašības. Blīvums $2,9-3,0$ (g/cm^3); cietība $5,5-6$ (pēc Moosa); skaldnības nav; bieži bezkrāsains, reizēm – balts, dzeltenīgs, zaļgans; spīdums – stiklains līdz perlamutra; caurspīdīgs.

Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammās (Å): $3,08$; $2,81$; $2,49$. Šķīst HCl , izdalot gelveida SiO_2 .

Veidošanās un sastopamība. Datolīts ir sekundārais minerāls, kas izveidojas kontakta metasomatiskos procesos. Parasti asociējas ar kalcītu un ceolītu. Datolīta atradnes ir Krievijā Urālu kalnos, Ukrainā Krimā, Vācijā Harcā un ASV Mičiganas štatā.

Izmantošana. Datolītu var izmantot bora ieguvei.

Kordierīta grupa

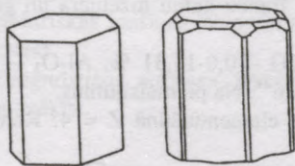
Kordierīta grupas minerāli pamatā satur sešlocekļu gredzenus ar radikālu $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]^{12-}$. Galvenie šīs grupas pārstāvji ir berils un kordierīts.

Berils $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ Nosaukums cēlies no grieķu valodas vārda "berillos", ko lietoja, apzīmējot jebkuru zaļas krāsas minerālu.

Ķīmiskais sastāvs. $\text{BeO} - 14,1\%$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 19,0\%$; $\text{SiO}_2 - 66,9\%$. Kā piemaisījumus bieži satur Na , K , Li , Rb , Cs , Sc , Cr , Fe u.c.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 2$. Heksagonāls. Simetrija L_66L_27PC .

Agregāti un habituss. Berilam raksturīgi pareizi veidoti, reizēm ļoti lieli stabveida kristāli (sk. 160.att.). Reizēm sastopams drūzu un blīvu masu veidā.



160.attēls. Minerāla berila kristālu habituss.

Fizikālās īpašības. Blīvums 2,65-2,91 (g/cm^3); cietība 7,5-8 (pēc Moosa); skaldnība – vāja; krāsa parasti ir bāli zaļa, balta vai dzeltena; dārgakmeņu paveidi ir caurspīdīgi, tumši zaļi (smaragdi, krāsu nosaka Cr^{3+}), caurspīdīgi bāli zili vai zaļi (akvamarīni), dzelteni (heliodori); spīdums - stiklains.

Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammās (Å): 3,24; 2,87; 0,807. Skābēs nešķīst.

Veidošanās un sastopamība. Berils veidojas pneimatolītiskos un hidrotermālos procesos. Visbiežāk tas sastopams skābos magmatiskos iežos (granītos), pegmatītu dzīslās, greizenos un kristāliskos slānekļos. Berila kristālu krāsa un apveids mainās atkarībā no veidošanās temperatūras:

800 – 700 °C – veidojas iegareni zili zaļi prizmatiski kristāli;

600 °C – veidojas dzelteni zaļi un brūngani īsi prizmatiski kristāli;

500 °C – veidojas zaļgani zili (akvamarīni) un bezkrāsaini ļoti īsi prizmatiski kristāli;

400 °C – veidojas rozā (vorobjevīti) un bezkrāsaini (rosterīti) īsi stabveida un tabletveida kristāli.

Berils parasti asociējas ar kvarcu, laukšpatiēm, topāzu, turmalīnu un fluorītu. Greizenos berils ir kopā ar kasiterītu, volframītu un molibdenītu. Pasaulē vislabākie smaragdi atrasti Kolumbijā. Daudzus gadus Brazīlija bija vadošā valsts ne tikai smaragdu kā dārgakmeņu, bet arī parastā berila ieguves ziņā, kuru izmanto kā berilija rūdu.

Sadēdēšana un pseidomorfozes. Tiešā saskarē ar atmosfēru, berils pamazām pārveidojas par muskovītu, kaolinītu u.c. minerāliem. Pazīstamas ir berila kaolinīta, vizlas, kvarca, brūnās dzelzsrūdas minerālu pseidomorfozes.

Izmantošana. Berilu izmanto kā dārgakmeni ar plašu krāsu gammu. Smaragdi ieiet pašu dārgāko akmeņu skaitā un var izmaksāt dārgāk kā dimants. Berils ir arī galvenais berilija avots, kas ir viegls metāls, un pēc daudzām īpašībām līdzīgs alumīnijam.

Kordierīts $(\text{Mg,Fe})_2\text{Al}_3[\text{AlSi}_5\text{O}_{18}]$ Nosaukts franču kalnu inženiera un ģeologa Pjēra Kordjē vārdā.

Ķīmiskais sastāvs. MgO – 1,48-13,68 %; FeO – 0,0-15,31 %; Al_2O_3 – 29,96-35,56 %; SiO_2 – 51,36-43,27 %. Var saturēt Fe^{3+} , Mn^{2+} , Na piemaisījumus.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 4$. Rombisks. Simetrija $3L_23PC$.



Agregāti un habituss. Kordierīts veido graudainus agregātus, kā arī prizmatiska habitusa kristālus (sk. 161.att.). Pazīstami arī kordierīta dvīņi.

161.attēls. Minerāla kordierīta kristāla habituss.

Fizikālās īpašības. Blīvums 2,60-2,66 (g/cm^3); cietība 7-7,5 (pēc Moosa), skaldnība – vāja; krāsa – no bālas līdz tumši zilai vai violetai, arī bezkrāsaina, pelēka, dzeltena, brūna; spīdums – stiklains.

Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammā (Å): 8,29; 3,34; 3,00. Skābēs nešķīst.

Veidošanās un sastopamība. Kordierīts ir tipisks metamorfās izcelsmes minerāls. Tas ir galvenais kordierītu gneisu un slānekļu veidojošais minerāls. Kordierītu saturošie ieži parasti ir ar augstu alumīnija oksīda saturu un mazu sārnu metālu un kalcija saturu. Dažreiz kordierīts atrodams arī pegmatīta veidojumos un magmatiskos iežos (piem., andezītos). Kordierīts mēdz asociēties ar kvarcu, ortoklazu, albītu, turmalīnu, ragmāni, andaluzītu, silimanītu un granātu. Kordierīta atradnes ir Šrilankā, Somijā, Norvēģijā, Krievijas Aizbaikāla austrumu daļā, Urālos, Aizkarpatos u.c.

Sadēdēšana. Zemes virspusē, atmosfēras ietekmē, kordierīts sadēd. No tā izdalās silīcijs un magnija oksīdi, kā arī pievienojas H_2O un kālijs. Sadēdēšanas gala produkts ir pinitis, kura sastāvs līdzīgs kāliju saturošai vizlai.

Izmantošana. Gaišzilo kordierītu iolītu mēdz izmantot kā rotakmeni. Kordierītu izmanto, termiski izturīgas keramikas ieguvei.

Turmalīns $\text{Na}(\text{Li,Mg,Fe,Mn,Al})_3\text{Al}_6(\text{BO}_3)_3(\text{OH,F})_4[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ Nosaukums radies no vārda “turmalī” ar ko apzīmēja senus dārgakmeņus no Šrilankas.

Ķīmiskais sastāvs svārstās plašās robežās.

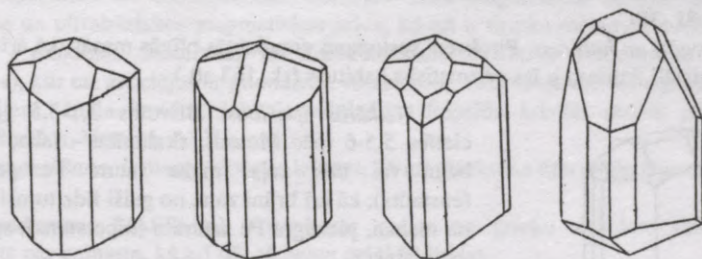
Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 3$. Trigonāls. Simetrija L_33P .

Agregāti un habituss. Turmalīna kristāli parasti ir stabveida. Galvenās formas kristālos ir trigonālās un heksagonālās prizmas. Tipiski turmalīna kristāli parādīti 162.attēlā. Tiem raksturīga liela vienkāršo formu dažādība (pavisam turmalīna kristālam to var būt ap 180). Bez kristāliem turmalīnam pazīstami arī adatveida, starveida agregāti, kā arī graudaini masīvi turmalīna sakopojumi.

Fizikālās īpašības. Blīvums 2,9-3,25 (g/cm^3); cietība 7-7,5 (pēc Moosa); skaldnības nav; spīdums – stiklains līdz piķa. Krāsa atkarīga no sastāva. Visizplatītākais ir melnais, dzelzi saturošais turmalīns jeb t.s. šerls, Mg saturošais brūnais turmalīns pazīstams ar nosaukumu dravīts, retāk sastopams Li saturošais sarkanīgais turmalīns jeb elbaīts, kā arī zilās krāsas turmalīns jeb indigolīts. Reti

sastopami balti vai bezkrāsas turmalīna paveidi (ahroīti). Turmalīnam piemīt piro- un pjezoelektriskās īpašības temperatūras un spiediena rezultātā. Gaišie turmalīni vieglāk elektrizējas.

Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammā (Å): 6,5; 3,48; 2,59. Skābēs nešķīst.



162.attēls. Minerāla turmalīna kristālu habituss.

Veidošanās un sastopamība. Turmalīns ir raksturīgs pegmatītu un pneimatolītiski hidrotermālo procesu veidojums, kura rašanos veicinājusi bora savienojumu līdzdalība. Tas sastopams galvenokārt pegmatīta un kvarca dzīslās. Asociējas ar kvarcu, laukšpatiem, vizlām, kasiterītu, topāzu un fluorītu. Melnās krāsas nekauspidīgie turmalīni parasti veidojušies augstākās temperatūrās, t.i., ap 290 °C, bet gaišie zaļganās un rozā krāsas turmalīni – ap 150 °C. Turmalīns ir viens no visskaistākiem rotakmeņiem, kam raksturīga ļoti dažāda nokrāsa. Visplašāk sastopams ir melnā turmalīna paveids - šerls kā granītos, tā arī aksesorais minerāls metamorfos iežos, jo īpaši kristāliskos slānekļos un gneisos. Turmalīna atradnes zināmas Madagaskarā, Šrilankā, Brazīlijā, Krievijā Urālos, Aizbaikālā, Turkmenistānā. Zemes virspusē turmalīni sastopami kā kļiedņu minerāli. Turmalīnus - dārgakmeņus iegūst ASV no pegmatītiem Jaunanglijā un Kalifornijas ziemeļos.

Izmantošana. Turmalīna pjezoelektriskās īpašības izmanto, lietojot to manometros spiediena mērīšanai sprādzienos kā gaisā, tā arī ūdenī. Labi iekrāsotos causpīdīgos turmalīnus izmanto kā košakmeņus.

2.8.3. Ķēdīšu tipa silikāti - piroksēni (metasilikāti)

Piroksēni ir svarīgākā iežu veidojošo dzelzs-magneziālo silikātu grupa. Neskatoties uz to, ka piroksēni kristalizējas divās dažādās singonijās - rombiskajā un monoklīnajā - šīs grupas minerāli ir līdzīgi pēc struktūras, fizikālām īpašībām un ķīmiskā sastāva. Piroksēnu ķīmisko sastāvu var izteikt ar kopējo formulu ABC_2O_6 , kur $A = Na, Ca, Mn^{2+}, Fe^{2+}, Mg, Li$; $B = Mn^{2+}, Fe^{2+}, Mg, Fe^{3+}, Al, Cr^{3+}, Ti^{4+}$ un $C = Si^{4+}, Al^{3+}$ joni tetraedros, no kuriem sastāv ķēdītes. Piroksēnu nosaukums radies no grieķu valodas "pir" – uguns un "ksenos" – svešs.

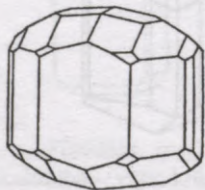
Enstatīts $Mg_2[Si_2O_6]$ un Hiperstens $Fe_2[Si_2O_6]$ Nosaukums enstatīts cēlies no grieķu valodas, kas nozīmē - pretinieks, pretējais, jo grūti kūst. Hiperstena nosaukums

radies no grieķu valodas, kas nozīmē - ļoti stiprs; tā cietība likās lielāka nekā minerāliem (ragmāņiem), ar kuriem to sākotnēji jauca.

Ķīmiskais sastāvs. Enstatītam: SiO_2 - 60,03 %; MgO - 39,97 %; hiperstenam: SiO_2 - 48,2-58,0 %; FeO - 4,0-27,7 %; MgO - 11,2-33,6 %.

Minerālu struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 8$. Rombisks. Simetrija $3L_23PC$.

Agregāti un habituss. Piroksēni sastopami graudainās blīvās masās, kā arī kā labi veidoti kristāli, kuriem ir īss prizmatisks habituss (sk. 163.att.).



Fizikālās īpašības. Blīvums 3,1-3,5 (g/cm^3); cietība 5,5-6 (pēc Moosa); skaldnība - laba; krāsa - balta vai bāli zaļa, maza saturs Fe paveidos (enstatīts); kā arī brūni zaļa, no gaiši līdz tumši brūnai un melnai, pieaugot Fe saturam (hiperstens); spīdums - stiklains.

163.attēls. Minerāla hiperstena kristālu habituss.

Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammā (Å): 3,16; 2,86; 2,53 (enstatītam) un 3,20; 2,89; 1,49 (hiperstenam).

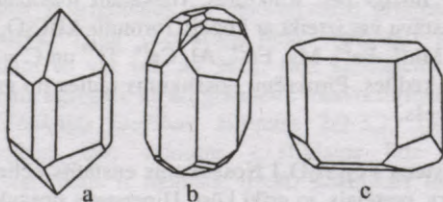
Veidošanās un sastopamība. Rombiskie piroksēni parasti sastopami bāziskos un ultrabāziskos iežos ar mazu Ca saturu, tādos kā piroksenīti, peridotīti, dažī bazaltī un andezītī. Vairākums magmatisko iežu rombisko piroksēnu satur Fe (no nebūtiska līdz vidējam daudzumam). Rombiskos piroksēnus var sastapt arī metamorfos iežos. Enstatīts sastopams gan dzelzs, gan akmens meteorītos. Enstatīts un hiperstens sastopams ASV, Norvēģijā, Ziemeļkaukāzā.

Izmantošana. Enstatītu izmanto enstatīta kordierīta porcelāna ieguvei. Dažreiz izmanto kā dekoratīvu materiālu, kā arī lētu dārgakmeni.

Diopsīds $\text{Ca}(\text{Mg},\text{Fe})[\text{Si}_2\text{O}_6]$ Mainīga sastāva minerāla veids, var mainīties no diopsīda - $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ līdz hedenbergītam - $\text{CaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$. Diopsīds nosaukumu ieguvis no grieķu valodas "di" - divreiz un "opsis" - veids, hedenbergīts - no zviedru ķīmiķa L.Hedenberga vārda. Ļoti izplatīti monoklīnie piroksēni.

Minerālu struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 4$. Monoklīns. Simetrija L_2PC .

Agregāti un habituss. Monoklīnie piroksēni parasti sastopami kā blīvi, tā arī graudaini agregāti. Sastopami arī kristāli ar īsu stabveida, tableteveida vai izometrisku apveidu (sk. 164.att.).



164.attēls. Minerālu: a, b - diopsīda; c - hedenbergīta kristālu habituss.

Fizikālās īpašības. Blīvums 3,30-3,60 (g/cm^3); cietība 5,5- 6 (pēc Moosa); skaldnība – vidēja; krāsa – dažādas nokrāsas zaļa; svītras krāsa - balta vai pelēka; spīdums – stiklains, caurspīdīgs un puscaurspīdīgs.

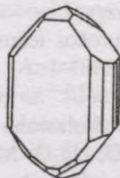
Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammā (Å): 3,00; 2,52; 1,616.

Veidošanās un sastopamība. Veidojas tiešā magmatiskā stadijā. Sastopams bāziskos un ultrabāziskos magmatiskos iežos, kā arī ir tipisks metamorfo iežu (piem., gneisu) minerāls. Sastopams arī kontakta metasomatiskos veidojumos (skarnos, ragiežos), kur tas asociējas ar granātiem, volastonītu, vezuviānu u.c. kalciju saturošiem minerāliem. Liela izmēra, labi izveidojušies diopsīda kristāli atrasti Aizbaikālā, Dienvidurālos, Vezuvā, ASV u.c.

Izmantošana. Izmanto akmens lējumu, kā arī piroksēna tipa sitālu ieguvei.

Spodumens $\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ Nosaukums radies no grieķu valodas, kas nozīmē pārvērsts par pelniem, kā arī pēc tā pelnu pelēkās krāsas.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 4$. Monoklīns. Simetrija L_2PC .



Agregāti un habituss. Spodumens parasti sastopams kā prizmatisku kristālu, tā arī plākšņveida masu veidā (sk. 165.att.). ASV Dienviddakotā pegmatītos atrasti spodumena kristāli, kuri ir līdz 12 m gari un 0,5-2 m plati.

165.attēls. Minerāla spodumena kristāla habituss.

Fizikālās īpašības. Blīvums 3,13-3,20 (g/cm^3); cietība 6,5-7 (pēc Moosa); skaldnība – laba; parasti - balts vai pelēkbalts, daži savdabji ir rozā vai violeti (kuncīts), arī zaļi (gidenīts); svītras krāsa – balta; spīdums – stikla; caurspīdīgs un puscaurspīdīgs.

Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammā (Å): 2,92; 2,79; 1,604.

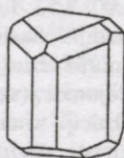
Veidošanās un sastopamība. Spodumens ir granītu pegmatītu minerāls. Tas var asociēties ar berilu, turmalīnu, dažiem litiju saturošiem fosfātiem u.c. minerāliem. Granītos vidējais litija saturs ir 180 g/t, pneimatolītiski pārveidotos granītos (greizenos) litija saturs ir 1380 g/t. Ievērojami mazāks litija saturs ir vidējos magmatiskos iežos (15 g/t), bāziskos – pat 8 g/t un ultrabāziskos – mazāks par 1 g/t. Litija tieksme koncentrēties vēlinās magmatiskās diferenciācijās ir par iemeslu tam, ka litijs atrodams skābajos laukšpatos, piem., mikroklīnā un vizlās vai arī veido patstāvīgus litija minerālus, kā spodumenu un litija fosfātus. Spodumena atradnes ir ASV, Madagaskarā, Brazīlijā, Krievijā u.c.

Izmantošana. Spodumens ir izejviela litija un tā savienojumu iegūšanai, kurus izmanto medicīnā, pirotehnikā u.c. Spodumenu un no tā iegūtos savienojumus izmanto stikla un keramikas rūpniecībā. Kuncītu un gidenītu apstrādā kā dārgakmeņus.

Augīts $\text{Ca}(\text{Mg,Fe,Al,Ti})[(\text{Si,Al})_2\text{O}_6]$ Nosaukums radies no grieķu valodas “auge” - spīdums, jo minerāla augīta kristālam bieži vien ir spīdīgas skaldnes.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 4$. Monoklīns. Simetrija L_2PC .

Agregāti un habituss. Augīts parasti sastopams īsu stabveida kristālu veidā, kas noslēdzas ar prizmu, kristāli var būt tabletveida, kā arī tas sastopams graudainu masu veidā (sk. 166.att.).



Fizikālās īpašības. Blīvums 3,2-3,6 (g/cm³); cietība 5-6 (pēc Moosa); skaldnība – vidēja; krāsa – tumši zaļa, zaļgani vai brūngani melna; spīdums – stikla; caurspīdīgs līdz puscaurspīdīgam.

166.attēls. Minerāla augīta kristāla habituss.

Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammā (Å): 2,98; 2,52; 1,619.

Veidošanās un sastopamība. Augīts veidojas tiešās magmatiskās stadijas procesā un novērots augsttemperatūras veidojumos, kas nav piesātināti ar SiO₂, tādos kā gabro, bazalti, piroksenīti un andezīti. Parasti sastopams tumšas krāsas dzīslu un izvirduma iežos, reizēm kontaktā ar kaļķakmeņiem. Augīts asociē ar olivīnu, citiem piroksēniem, leicītu, nefelīnu, bet nekad nav kopā ar kvarcu. Hidrotermālu šķīdumu iedarbības rezultātā pārvēršas hlorītā un ragmānī, kas veido augīta pseidomorfozes.

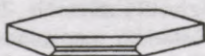
Izmantošana. Augītam nav rūpnieciskas nozīmes. Augītu saturošos iežus mēdz izmantot akmens lējumu iegūšanai.

Volastonīts Ca₃[Si₃O₉] Nosaukts angļu mineraloga un ķīmiķa V.Volastona vārdā.

Ķīmiskais sastāvs. CaO – 48,3 %; SiO₂ – 51,7 %. Satur FeO, Na₂O, MgO un Al₂O₃.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā Z = 6. Triklīns. Simetrija C.

Agregāti un habituss. Tabletveida kristāli sastopami reti (sk. 167.att.). Parasti volastonītu sastopam kā pa skaldnības plāksnēm sadalījušos vai šķiedrainu, tā arī graudainu un blīvu masu veidā.

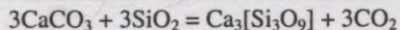


167.attēls. Minerāla volastonīta kristālu habituss.

Fizikālās īpašības. Blīvums 2,78-2,92 (g/cm³); cietība 5-5,5 (pēc Moosa); skaldnība – laba; krāsa – balta; spīdums – stikla, reizēm samtais – šķiedrainiem paveidiem; puscaurspīdīgs.

Diagnostikas pazīmes. No citiem baltiem šķiedrainiem silikātiem, tādiem kā tremolīts un silimanīts, atšķiras ar cietību un sadalīšanos HCl, izdalot gelveida SiO₂. Galvenās līnijas rentgenogrammā (Å): 10,0; 4,4; 1,54. Volastonīts ir stabils temperatūrās, kas zemākas par 1200 °C. Virs šīs temperatūras pārvēršas otrā polimorfā modifikācijā, ko sauc par pseidovolastonītu, kas stabils no 1200 °C līdz kušanas punktam (1540 °C).

Veidošanās un sastopamība. Volastonīts ir kontakta minerāls, kas radies savstarpēji iedarbojoties kalcija karbonāta iežiem (kaļķakmenim un marmoram) ar SiO₂ bagātiem iežiem, piemēram, granīta metamorfisma rezultātā 450 – 560 °C temperatūrā.



Augstākās temperatūrās veidojas citi kalciju saturoši silikāti (piem., lamīts β - $\text{Ca}_2[\text{SiO}_4]$). Volastonīts asociējas ar kalcītu, diopsīdu, andradītu, epidotu, vezuviānu u.c. kalciju saturošiem minerāliem. Lieli volastonīta krājumi atrodas ASV, Meksikā, Krievijā, Ukrainā u.c.

Izmantošana. Volastonītu izmanto speciālas nozīmes keramisko materiālu ieguvei, kā arī krāsu ražošanai.

2.8.4. Lentu tipa silikāti - amfiboli

Amfiboli pēc sava sastāva ir līdzīgi piroksēniem. Dažu amfibolu ķīmiskās formulas (piem., $\text{Fe,Mg}[\text{SiO}_3]$) ir identiskas ar piroksēnu formulām. Ķīmiskā analīze deva iespēju amfibolos atrast nelielu ūdens daudzumu, pat līdz 2,2 %, bet rentgenogrāfiskie pētījumi parādīja, ka (OH) grupas ir svarīgas amfibolu sastāvdaļas. Amfibolos (OH) grupa var tikt daļēji aizvietota ar F. Ragmānis papildu satur Al_2O_3 un Fe_2O_3 un ir piroksēna augīta analogs. Raksturīga atšķirība starp piroksēniem un amfiboliem ir šo minerālu skaldnība. Pēc kristalogrāfiskām pazīmēm izšķir rombiskos un monoklīnos amfibolus.

Antofilīts $(\text{Mg,Fe})_7(\text{OH})_2[\text{Si}_8\text{O}_{22}]$ Nosaukums radies no grieķu valodas "antos" – zieds un "filon" – lapa.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 4$. Rombisks. Simetrija $3L_23PC$.

Agregāti un habituss. Atsevišķi kristāli nav raksturīgi, parasti veido prizmatisku kristālu agregātus, kā arī šķiedrainus un azbestam līdzīgus.

Fizikālās īpašības. Blīvums 2,86-3,28 (g/cm^3); cietība 5,5-6,5 (pēc Moosa); skaldnība - laba; krāsa – gaiši brūna, reizēm zaļgana; svītras krāsa – balta; spīdums – stikla.

Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammā (Å): 8,25; 3,23; 2,84. Skābēs nešķīst. Karsējot augstāk par 400 °C, pāriet monoklīnajā modifikācijā.

Veidošanās un sastopamība. Sastopams metamorfos iežos, kas radušies zemās temperatūrās. Kristāliskos slāņekļos parasti asociējas ar korundu un ragmāni. Antofilīts sastopams Urālos, Sibīrijā un Ukrainā.

Izmantošana. Azbestam līdzīgo antofilītu izmanto rūpniecībā azbestcimenta izstrādājumu iegūšanai, kā arī kā izolācijas materiālu.

Tremolīts $\text{Ca}_2\text{Mg}_5(\text{OH})_2[\text{Si}_8\text{O}_{22}]$ – aktinolīts $\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5(\text{OH})_2[\text{Si}_8\text{O}_{22}]$ Tremolīts nosaukts pēc atrašanās vietas Tremolas ielejā Šveicē. Aktinolīta nosaukums cēlies no grieķu valodas, tas sastāv no diviem vārdiem, kas tulkojumā nozīmē stars un akmens, kas saistīts ar radiāli-staraino izskatu.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 2$. Monoklīns. Simetrija L_2PC .

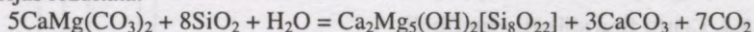
Agregāti un habituss. Parasti sastopams kristālu veidā, tāpat eksistē arī kā gari prizmatiski kristālu agregāti, šķiedrainās un azbestveidīgās, retāk - blīvās un smalkgraudainās masās (nefrīts).

Fizikālās īpašības. Blīvums 2,9-3,3 (g/cm^3); cietība 5,6-6 (pēc Moosa); skaldnība – laba; krāsa - balta, zaļa ar Fe palielināšanos (aktinolīts), Mn-Fe tremolīta paveidi ir

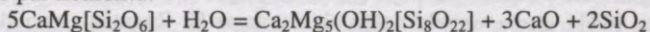
rozā vai bāli violeti; svītras krāsa – balta; spīdums – stikla; caurspīdīgs un puscaurspīdīgs.

Diagnostikas pazīmes. Skābēs gandrīz nešķīst.

Veidošanās un sastopamība. Tremolīts un aktinolīts veidojas zemtemperatūras metamorfisma procesā. Parasti šie minerāli sastopami magmatisko iežu un kaļķakmens vai dolomīta kontakta zonā vai arī kristāliskos slāņekļos, kur radušies sekojošas reakcijas rezultātā:



Šie minerāli parasti asociējas ar diopsīdu, špineli, forsterītu, serpentīnu, apatītu, sfēnu u.c. minerāliem. Paaugstinātā temperatūrā abi minerāli pārveidojas par piroksēniem. Aktinolīts uzskatāms kā metamorfo iežu ģeoloģiskais termometrs. Savukārt, iedarbojoties hidrotermāliem šķīdumiem uz diopsīdu, notiek tā pārveidošanās par tremolītu:



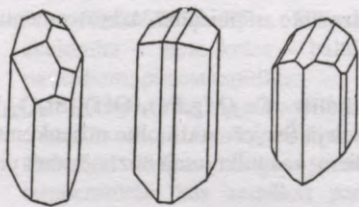
Pēc CaO un SiO₂ izskalošanās, izveidojas tīri tremolīta ieži. Tremolīts un aktinolīts ir nozīmīgi kristāliskos slāņekļus veidojošie minerāli. To atradnes ir Krievijā Dienvidurālos un Dienvidrietumu Piebaikālā.

Izmantošana. Šo minerālu šķiedraino savdabi izmanto kā izejvielu skābes izturīgu filtru izgatavošanai. Azbestveidīgais tremolīts tiek iegūts nelielos daudzumos, bet tas ir mazāk nozīmīgs kā serpentīna azbests. No blīvā savdabja - nefrīta izgatavo rotājumus, dekoratīvos materiālus.

Ragmānis $\text{NaCa}_2(\text{Mg,Fe})_4(\text{Al,Fe})(\text{OH,F})_2 [\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{22}]$ Nosaukums cēlies no senvācu vārda "hornblende" ("horn" - rags, "blenden" - mānīties) pēc ārējās līdzības ar ragu, bet, atšķirībā no tā, ragmānim piemīt liela cietība.

Ķīmiskais sastāvs ir mainīgs. Gandrīz vienmēr satur TiO₂. Ragmāni, kurā mazs dzelzs saturs, sauc par pargasītu, bet tādu ragmāni, kurā ir liels dzelzs saturs un ir pilnīgi piesātināts ar nātriju un trīsvertīgajiem elementiem – par gastingsītu. Turklāt izšķir parasto ragmāni (tumši zaļš) un bazaltisko ragmāni (piķa melns).

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā Z = 2. Monoklīns. Simetrija L₂PC.



Agregāti un habituss. Parasti sastopams prizmatisku, stabveida, retāk - izometrisku kristālu, kā arī dvīņu kristālu veidā (sk. 168.att.).

168.attēls. Minerāla ragmāņa kristālu habituss.

Fizikālās īpašības. Blīvums 3,1-3,4 (g/cm³); cietība 5,5-6 (pēc Moosa); skaldnība – laba; krāsa - gaiši zaļa līdz zaļi melnai un melnai; svītras krāsa – pelēka vai bāli zaļa; spīdums – stikla; caurspīdīgs līdz puscaurspīdīgam.

Diagnostikas pazīmes. Skābēs nešķīst. No citiem amfiboliem atšķiras ar tumšāku krāsu.

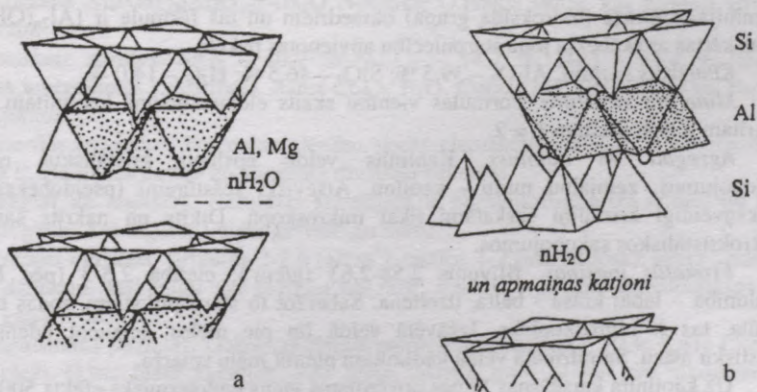
Veidošanās un sastopamība. Ragmānis ir svarīgs un plaši izplatīts iežus veidojošs minerāls, kas sastopams kā magmatiskos, tā arī metamorfos iežos. Tas ir vairāku magmatisko un metamorfo iežu (diorīts, sienīts, gabro, amfibolīts, ragmāņa slāneklis) nozīmīgākais minerāls. Ragmānis parasti ir iežos ar relatīvi augstu SiO_2 saturu. Iežos ar mazāku SiO_2 saturu ragmāņa vietā parasti izveidojas piroksēni. Ragmāņus saturošo iežu atbilstoši magmai, izplūstot uz Zemes virsmas, notiek ragmāņa opacitizācija, t.i., no ragmāņa izdalās sīkdisperss magnetīts. Izdalās arī H_2O , kura vietā stājas skābeklis. Šis process norisinās oksidējošā vidē 800°C temperatūrā. Ragmāņa atradnes ir ļoti izplatītas un daudz. Ragmāņa kristāli garumā līdz $0,5\text{ m}$ atrasti Ziemeļurālos.

Sadēdēšana. Ragmānis ir relatīvi izturīgs minerāls pret apkārtējās vides iedarbību, tomēr hidrotermālo šķīdumu iedarbības rezultātā pārveidojas par hlorītu, epidotu, kalcītu un kvarcu. Sadēdēšanas procesā tas sadalās, kā rezultātā izveidojas nontronīts, opāls un karbonāti.

Izmantošana. Ragmāni saturošos iežus izmanto kā dekoratīvos vai būvķieģus, bet citas svarīgas rūpnieciskas nozīmes ragmāņiem nav.

2.8.5. Kārtainā tipa silikāti

Kārtaino silikātu struktūras pamatmotīvs ir bezgalīgi daudz kārtas jeb slāņi, kas izveidotas no silīcija-skābekļa tetraedriem. Kārtainos silikātos ikviena tetraedra trīs virsotnes simetriski saistītas ar citu tetraedru virsotnēm. Pastāvot šādai silīcija-skābekļa tetraedru saistībai, kārtu var uzskatīt arī kā regulāru bezgalīgu šo tetraedru sešstūru salikumu plāksnē. Tetraedru ceturtajā virsotnē esošie, vienā virzienā orientētie skābekļa joni ar katjonu starpniecību savukārt realizē kārtu savstarpējo saistību, izveidojot kristālisko režģi. Kārta uzskatāma kā izveidota no $[\text{Si}_4\text{O}_{10}]^{4-}$ grupām, resp., šī grupa ir simetriski atkārtotojošās struktūras motīvs. Tāpēc kārtaino silikātu formulās šī grupa atbilst anjonu daļai. Kārtainos silikātos silīcijs var izomorfi aizvietoties ar alumīniju, veidojot $[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]^{5-}$ struktūras motīvu. Kārtainie silikāti, kuros daļa silīcija jonu izomorfi aizvietoti ar alumīnija joniem, klasificējami kā kārtainie alumosilikāti.



169.attēls. Struktūra: a – kaolinīta; b – montmorilonīta.

Visos kārtainos minerālos (ar dažiem izņēmumiem) tetraedriskā kārtā jeb slānis savienota ar oktaedrisku kārtu, ko parasti veido alumīnija, magnija un dzelzs joni, kas atrodas oktaedriskā koordinācijā ar skābekļa vai hidroksiljoniem. Katjonu, kas atrodas oktaedra centrā, ieskauj 6 anjoni, kuri atrodas katra oktaedra virsotnē.

Tetraedru un oktaedru izmēri ir tuvi un tāpēc to kārtas ir spējīgas izveidot paketes. Paketes var sastāvēt no divām dažādām kārtām. Visbiežāk tipiskos mālu minerālos ir divkārtainās un trīskārtainās paketes. Divkārtainās paketes sastāv no tetraedriskās un oktaedriskās kārtas (kaolinīts, haluazīts). Trīskārtaino pakešu gadījumā oktaedriskā kārtā novietojas starp divām tetraedriskām kārtām, veidojot trīskārtu struktūru (montmorilonīts, talks, pirofilīts, muskovīts) (sk. 169.att.).

Mālu minerāli

Ar terminu "māls" apzīmējam zemjainu sīkgraudainu materiālu, kam piemīt plastiskums, sajaucot to ar nelielu daudzumu ūdens. Par māliem sauc smalki dispersus nogulumiežus, kas veidojas no magmatisko un metamorfo iežu sairšanas produktiem. Visu mālu galvenās sastāvdaļas ir SiO_2 , Al_2O_3 un H_2O . Bez šiem oksīdiem māli vēl satur arī Fe_2O_3 (FeO), TiO_2 , MgO, CaO, Na_2O , K_2O un CO_2 . Raksturīgākie mālu minerāli pieder pie kārtainiem silikātiem un ietilpst vienā no grupām: 1) kaolinīta grupa; 2) montmorilonīta (smektīta) grupa; 3) ilīta jeb mālaino vizlu grupa; 4) vermikulīta grupa; 5) hlorītu grupa (dažreiz vermikulītu un hlorītus nepieskaita pie tipiskiem mālu minerāliem).

Kaolinīts, dikīts, nakrīts $\text{Al}_4(\text{OH})_8[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ Kaolinīta nosaukums radies no ķīniešu vārda "Kau-Ling", kas nozīmē – augstā grēda. Nakrīta nosaukums cēlies no franču vārda – "nacre", kas nozīmē perlamutrs (pateicoties skaldņu perlamutra spīdumam). Dikīts nosaukts amerikāņu mineraloga A.Dikka vārdā. Nosauktie minerāli ir polimorfās modifikācijas, starp kurām izplatītākais ir kaolinīts. Oksīdu veidā kaolinīta formula ir šāda - $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Kaolinīts kristalizējas monoklīnā singonijā. Tā struktūra veidota no divkārtainām paketēm. Vienu paketes kārtu veido silīcija-skābekļa tetraedri, šīs kārtas formula ir $[\text{Si}_2\text{O}_5]^{2-}$. Otrā kārtā izveidota no alumīnija-skābekļa (hidroksīda grupa) oktaedriem un tās formula ir $[\text{Al}_2(\text{OH})_4]^{2+}$. Abas kārtas ar skābekļa jona starpniecību apvienotas paketē.

Ķīmiskais sastāvs. Al_2O_3 – 39,5 %; SiO_2 – 46,5 %; H_2O – 14,0 %.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā kaolinītam $Z = 1$, nakrītam $Z = 4$, dikītam $Z = 2$.

Agregāti un habituss. Kaolinīts veido apslēpti kristāliskus minerālu sakopojumus, zemjainu masu - kaolinu. Atsevišķi sešstūrains (pseidoheksagonāli) plāksņveidīgi kristāliņi saskatāmi tikai mikroskopā. Dikīts un nakrīts sastopams mikrokristāliskos sakopojumos.

Fizikālās īpašības. Blīvums 2,58-2,63 (g/cm^3); cietība 2,5-3 (pēc Moosa); skaldnība – laba; krāsa - balta, dzeltēna. Sabaržot to starp pirkstiem, rodas taukaina sajūta, tas ir higroskopisks. Izžāvētā veidā līp pie mēles. Iejaucot ūdenī, veido plastisku masu. Samitrinātā veidā kaolinītam piemīt mālu smarža.

Uz kaolinīta karsēšanas līknes novērojams viens endotermisks efekts 500-600 °C un 2 eksotermiski efekti 950-1000 °C un 1200 °C temperatūrās. Endotermiskais efekts

saistīts ar konstitūcijas ūdens (OH grupas) izdalīšanos un minerāla kristāliskā režģa sabrukšanu (amorfizāciju). Pirmais eksotermiskais efekts 900-1000 °C temperatūrā saistīts ar mullīta kristalizācijas sākumu, dažreiz arī Al₂O₃ veidošanos. Otrais efekts parādās sakarā ar kristobalīta veidošanos.

Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammās (Å): 7,14; 3,57; 1,487 (kaolinītam); 7,15; 3,59; 2,416 (nakrītam); 3,592; 2,345; 1,666 (dikītam). Salīdzinoši labi šķīst H₂SO₄, īpaši sildot, HCl un HNO₃ praktiski nešķīst.

Veidošanās un sastopamība. Kaolinīts veidojas galvenokārt eksogēnos procesos, sadēdot dažādiem alumosilikātiem skābā vidē. Kaolinīts ir mālu, merģeļu un mālu slānekļu sastāvdaļa. Tā veidošanās var notikt pēc šādas reakcijas:



Metamorfizējoties kaolinītam, notiek tā pārvēršanās par mullītu vai distēnu un silimanītu pēc šādas reakcijas:



Izšķir primārās un sekundārās kaolinīta atradnes. Primārās atradnes ir tādas, kurās pirmie kristālisko alumosilikātu sadalīšanās produkti palikuši uz vietas, izveidojot primāros kaolinītus. Šajās atradnēs kaolinīts asociējas ar kvarcu un dzelzs oksīdiem. Ja primāro kaolinītu pārskalo, pārnes un izgulsnē kaolinīta daļiņas zemākās reljefa vietās, tad izveidojas sekundārā kaolinīta atradnes. Sekundārais kaolinīts praktiski nesatur kvarcu un dzelzs oksīdus. Lielākās atradnes ir Lielbritānijā, Vācijā, Čehijā, Ķīnā, Ukrainā Gluhoveckas, Prosjanovas atradnes. Latvijā kaolīna atradņu nav, bet tas nelielos daudzumos (līdz 10 %) sastopams devona un kvartāra mālos, kā piemaisījums hidrovislās, kā arī juras un triasa sistēmas mālos, kas atrodas Latvijas dienvidrietumos.

Izmantošana. Kaolīnu izmanto smalkkeramikas, ugunturīgo materiālu, papīra rūpniecībā u.c.

Haluazīts Al₄(OH)₈[Si₄O₁₀]·4H₂O Nosaukts O.Halua vārdā, kas pirmais atrada šo minerālu.

Ķīmiskais sastāvs. SiO₂ – 40,9 %; Al₂O₃ – 34,7 %, H₂O – 24,4 % (bieži novērotas ievērojamas svārstības). Satur Cr₂O₃, NiO, CuO, ZnO, CaO, MgO un Fe₂O₃ piemaisījumus.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā Z = 1. Monoklīns. Simetrija P. Haluazīts sastāv no kaolinīta divslāņu paketēm.

Agregāti un habituss. Haluazīta kristāliem ir ultramikroskopiski izmēri un tie veido agregātus, kas atgādina cietu gelveidīgu masu.

Fizikālās īpašības. Blīvums 2-2,6 (g/cm³); cietība 1-2 (pēc Moosa); krāsa - balta, bieži ar dzeltenu, sarkanīgu vai gaišzilu nokrāsu; trausls. Agregātu dubultlaušana ir zema, ir gandrīz izotropi.

Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammā (Å): 10,4; 4,41; 1,483. Skābēs bieži šķīst, īpaši karsējot. Pēc ārējā izskata grūti atšķirt no sīkdispersa kaolinīta. Karsējot temperatūrās no 60-140 °C, tas zaudē starppakešu ūdeni, 500-600

$^{\circ}\text{C}$ - hidroksilgrupas, bet 950-990 $^{\circ}\text{C}$, tāpat kā kaolinītam, novērojams izteikts eksotermisks efekts.

Veidošanās un sastopamība. Haluazīts veidojies eksogēnos procesos. Mālu atradnēs haluazīts asociējas ar kaolinītu, montmorilonītu, alunītu. Haluazīta atradnes sastopamas Beļģijā, Kazahstānā, Ukrainā.

Izmantošana. Kopā ar kaolinītu to izmanto keramiskajā rūpniecībā.

Montmorilonīts $(\text{Ca},\text{Na})(\text{Mg},\text{Al},\text{Fe})_2(\text{OH})_2[(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ Nosaukumu ieguvis no atrašanās vietas Montmorilonas Francijā.

Ķīmiskais sastāvs. SiO_2 – 33,40 %; Al_2O_3 – 0,14-29,90 %; CaO – 0,16-3,52 %; Na_2O – 0,11-3,04 %; MgO – 0,23-31,61 %; Fe_2O_3 – 0,03-29,46 %; FeO – 0,19-0,95 %; H_2O – 11,96-26,0 %.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 2$. Monoklīns. Simetrija L_2PC . Montmorilonīta struktūra raksturojama kā sastāvoša no trīskārtainām paketēm (sk. 169.att.). Paketes divas tetraedriskās kārtas veidotas no silīcija-skābekļa vai silīcija-alumīnija-skābekļa tetraetriem. Starp abām šīm kārtām atrodas oktaedriskā kārtā, kas veidota no oktaetriem, kuru centros atrodas alumīnija jons, bet virsotnēs - skābekļa un hidroksīda joni. Starp paketēm atrodas ūdens molekulas un katjoni (Ca^{2+} , Na^+ , Mg^{2+} u.c.), kas spēj apmainīties. Šiem katjoniem montmorilonīta kristāliskā režģī nav noteikti fiksētas pozīcijas un tie režģa uzbūvē nepiedalās. Tie ir adsorbētā stāvoklī un kompensē kristāliskā režģa negatīvo lādiņu, kas rodas, ja režģī augstākas valences katjoni izomorfi aizvietojas ar zemākas valences katjoniem (piem., Al^{3+} ar Mg^{2+} , Si^{4+} ar Al^{3+}). Pastāv uzskats, ka 80% apmaināmo katjonu atrodas starp montmorilonīta paketēm un 20% - ap pakešu malām.

Agregāti un habituss. Montmorilonīts parasti veido slēpti kristāliskus, blīvus, zemjainus agregātus jeb minerālu sakopojumus.

Fizikālās īpašības. Blīvums 2,2-2,9 (g/cm^3); cietība 1,5-2,5 (pēc Moosa); krāsa - balta ar pelēku, brūnganu vai sarkanīgu nokrāsu, var būt arī zaļas, zaļgani dzeltenas, brūnganizaļganas, zilas un pat melnas krāsas montmorilonīta sakopojumi; spīdums - matēts vai vaskains. Ūdens klātbūtnē uzbriest un kristāliskā režģa izmērā c ass virzienā var palielināties 3 reizes. Montmorilonīts apveltīts ar lielu adsorbēšanas spēju un tāpēc to lieto šķīdumu attīrīšanai no dažādiem piemaisījumiem. Daži montmorilonīta paveidi ir spējīgi adsorbēt sārņus un tāpēc tos izmanto ziepju ieguves rūpniecībā.

Montmorilonīta karsēšanas līkni raksturo ar diviem vai trīs endotermiskiem efektiem un vienu eksotermisko efektu. Endotermiskos efektus novēro 120-200 $^{\circ}\text{C}$ temperatūrā (izdalās vāji saistītais starppakešu ūdens), 600-730 $^{\circ}\text{C}$ temperatūrā (izdalās konstitūcijas ūdens - OH grupas), 780-800 $^{\circ}\text{C}$ temperatūrā (galīga montmorilonīta sadalīšanās). Eksotermiskais efekts novērojams virs 900 $^{\circ}\text{C}$ temperatūrā un tas atbilst špīneļa kristalizācijas temperatūrai.

Diagnostikas pazīmes. Montmorilonītam raksturīga liela uzbriešana mitrumā. Galvenās līnijas rentgenogrammā (Å): 15,3; 11,5; 4,42; 2,55. Skābēs sadalās daļēji, veidojot želejveida nogulsnes.

Veidošanās un sastopamība. Montmorilonīta izcelsme ir eksogēna. Tas veidojas galvenokārt sārmainas vides apstākļos, sadaloties vulkāniskiem tufiem un pelniem. Montmorilonīta atradņu ir daudz. Daži montmorilonīta māli ieguvuši speciālus vietējos nosaukumus (piem., bentonīts, askanīts, gumbrīns). Lielas montmorilonīta

atradnes sastopamas Aizkaukāzā, Krimā, Aizkarpatos, ASV Floridas, Džordžijas, Alabamas, Kalifornijas štatos, Vācijā, Japānā, kā arī Francijā Montmorilonā.

Izmantošana. Pateicoties montmorilonīta mālu ķīmiskām un fizikāli ķīmiskām īpašībām, tos lieto vairāk nekā 200 dažādās rūpniecības nozarēs, no kurām svarīgākās ir: naftas, tekstila, ziepju, kosmētikas, gumijas, papīra un keramikas nozares. Montmorilonīta mālus izmanto arī ūdens un pārtikas produktu (vīna, augu eļļas u.c.) attīrīšanai.

Hidrovislu grupa

Hidrovislas galvenokārt veidojas Zemes garozas sadēdēšanas kārtā, sadaloties un hidratizējoties muskovītam, biotītam, kā arī citām vizlām. Hidrovislas var rasties arī pārveidojoties laukšpatiem. Tās uzskatāmas kā starpprodukti starp vizlām un mālu minerāliem kaolinītu un montmorilonītu. Hidrovislas ir daudzu mālu galvenā sastāvdaļa, t.i., mālu minerāls. Hidrovislā, atšķirībā no vizlām, kālija un nātrija joni aizstāti ar (OH) grupu un, līdz ar to, alumīnija jona koordinācijas skaitlis galvenokārt ir 6. Turklāt kālija jons hidrovislā mēdz aizvietoties ar oksonija jonu (H₃O)⁺, Ca²⁺, vai Mg²⁺. Kā svarīgus hidrovislu grupas minerālus var minēt: hidrobiotītu, hidromuskovītu un glaukonītu.

Hidrobiotīts (K,H₃O)(Mg,Fe)₃(OH)₂[(Si,Al)₄O₁₀] · nH₂O Atšķirībā no biotīta hidrobiotīts satur mazāk K₂O, MgO, FeO un vairāk ūdens. Trīsvērtīgā dzelzs oksīda attiecība pret divvērtīgo dzelzs oksīdu hidrobiotītā ir lielāka nekā biotītā. Biotītam, pārvēršoties par hidrobiotītu, krāsa izmainās no melnas uz zeltaini dzeltenu līdz sudrabainai un baltai. Pēc ārējā izskata hidrobiotīts ir līdzīgs muskovītam.

Hidromuskovīts (ilīts) (K,H₃O)Al₂(OH)₂[(Si,Al)₄O₁₀] · nH₂O Pēc ķīmiskā sastāva hidromuskovīts ir pārejas minerāls no muskovīta uz kaolinītu. Salīdzinot ar muskovītu, tas satur mazāk K₂O un vairāk ūdeni. Uz hidromuskovīta karsēšanas līknēm novērojama endotermiska efekta nobīde uz zemāko temperatūru pusi un otrā endotermiskā efekta parādīšanās 80-200 °C temperatūras intervālā. Pēdējais efekts atbilst adsorbcijas ūdens izdalīšanai. Dehidratācijas līknes parāda, ka vairumā gadījumu no hidromuskovīta ūdens izdalās līdz 600 °C temperatūrai. Ilīts veidojas sadēdēšanas procesā no alumosilikātus saturošiem magmatiskiem un metamorfiem iežiem. Tipisks sadēdēšanas procesa minerāls ir daudzu mālu, tai skaitā arī ugunturīgo mālu, galvenā sastāvdaļa. Ilīts ir mikro- vai slēpti kristālisks vizlas hidratācijas produkts.

Glaukonīts (K,Na)(Mg,Fe²⁺,Al,Fe³⁺)₂(OH)₂[AlSi₃O₁₀] · nH₂O Nosaukums radies no grieķu valodas vārda "glaukos" – zaļi zilais (pēc pirmā atrastā un aprakstītā parauga krāsas).

Ķīmiskais sastāvs. Tā ķīmiskais sastāvs var mainīties plašās robežās:

SiO ₂	45,00-58,65 %	CaO	0,25-5,43 %
Al ₂ O ₃	0,56-20,39 %	K ₂ O	2,07-7,58 %
Fe ₂ O ₃	6,42-27,90 %	Na ₂ O	0,01-3,34 %
FeO	0,49-9,58 %	H ₂ O	5,70-13,70 %

MgO 1,77-6,22 %

Minerāla struktūra. Struktūras pamatelements ir trīskārtainā pakete, kas līdzīga montmorilonīta paketei.

Agregāti un habituss. Sastopams graudainu un zemainu agregātu, kā arī atsevišķu graudu veidā.

Fizikālās īpašības. Blīvums 2,2-2,9; cietība 2-3; skaldnības parasti nav; krāsa – zaļa, spīdums – matēts, blīviem paraugiem – stiklains. Uz glaukonīta karsēšanas līknēm novērojami trīs endoeфекti: 40-150 °C temperatūrā (saistīts ar adsorbcijas ūdens izdalīšanos), 450-600 °C temperatūrā un 900-950 °C temperatūrā. Otrais un trešais efekts saistīts ar OH⁻ izdalīšanos. Maksimālais ūdens daudzums izdalās 100 °C un 650 °C temperatūrā.

Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammās: 2,580; 1,505; 1,300.

Veidošanās un sastopamība. Glaukonīts rodas galvenokārt nogulumu procesos, pārveidojoties biotītam, ragmānim, piroksēniem, laukšpatiem u.c. Ievērojamas glaukonīta atradnes ir Urālos, Pievolgā, Ukrainā.

Sairšana. Glaukonīts atmosfēras apstākļos ir nestabils un sadalās, veidojot dzelzs hidroksīdus un SiO₂.

Izmantošana. Glaukonītu izmanto kālīju saturošu minerālmēslu ieguvei. Kā lētu zaļu krāsu to izmanto stikla rūpniecībā. Izmanto arī ūdens mīkstināšanai, jo glaukonītam piemīt katjonu apmaiņas spēja.

Vermikulīta grupa

Vermikulīts (Mg,Fe²⁺,Fe³⁺)₃(OH)₂[(Si,Al)₄O₁₀] · 4H₂O Nosaukumu ieguvis no latīņu vārda “vermikulos” - tārpīņš (karsējot sadalās pa šķiedrām, kas līdzīgas tārpjiem).

Ķīmiskais sastāvs. MgO 14-25 %; Fe₂O₃ 3-17 %; FeO 1-3 %; SiO₂ 34-42 %; Al₂O₃ 10-17 %; H₂O 8-18 %. Satur arī K₂O (līdz 5 %) un NiO (līdz 11 %).

Minerāla struktūra. Vermikulīta struktūru veido trīsslāņainas magnija-dzelzs vizlas paketes, starp kurām izvietoti divi monomolekulāri ūdens slāņi.

Agregāti un habituss. Vermikulīta kristāli parasti ir plāksņveida un zvīņveida, sastopams arī kā sīkdispersi veidojumi starp mālu veidojumiem.

Fizikālās īpašības. Blīvums 2,4-2,7 (g/cm³); cietība 1-1,5 (pēc Moosa); skaldnība – laba vienā plaknē; krāsa - brūna, dzeltenī brūna, zelta dzeltena, bronzas dzeltena, dažreiz arī zaļgana; spīdums - perlamutra līdz taukainam. Karsējot saslāpojas un uzpūšas, ar ko saistītas vermikulīta termoizolācijas spējas.

Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammās (Å): 13,4; 3,54; 2,37.

Veidošanās un sastopamība. Vermikulīts galvenokārt veidojas hidrotermālā procesā no biotīta un flogopīta, kā arī biotīta sadēdēšanas procesā. Ja magniju un dzelzi saturošo vizlu vermikulizācija notiek oksidējošā vidē, tad no tām notiek Fe²⁺ jona izdalīšanās un tā pārvēršanās par Fe³⁺. Samērā bieži vermikulīts veido vizlu pseidomorfozes, no kurām tas izveidojies. Vermikulīts parasti asociējas ar hidrobiotītu, ragmāni, plagioklaziem un apatītu. Vermikulīta atradnes atrodas ASV Montānas štatā, Dienvidaustrālijā, Urālos, Ukrainā u.c.

Izmantošana. Apdedzinātu vermikulītu izmanto siltumu un skaņu izolējošu materiālu ieguvei, kā arī kā piedevu cementa un apmetuma javām ar nolūku padarīt tās

vieglākas un uzlabot to izolējošās īpašības. Neapdedzinātu vermikulītu dažreiz izmanto kā smērvielu.

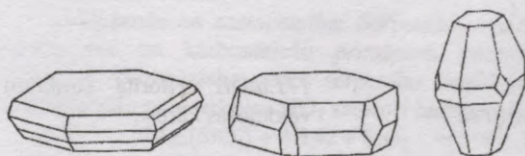
Hlorītu grupa

Hlorītu grupai pieskaita minerālus, kas pēc daudzām īpašībām līdzīgi vizlām. Nosaukumu tie ieguvuši no grieķu valodas "hloros" – zaļš (pateicoties lielākās daļas šīs grupas minerālu zaļajai krāsai). To ķīmiskais sastāvs var būt ļoti dažāds. Sastāva dažādības cēlonis ir izomorfisms. Hlorītu grupas minerālos izplatītas šādas aizvietošanās $Mg^{2+} \rightarrow Fe^{2+} \rightarrow Mn^{2+}$; $Al^{3+} \rightarrow Fe^{3+} \rightarrow Cr^{3+}$; $Si+Mg \rightarrow Al_2$; $Mg_3 \rightarrow Al_2$.

Hlorīts $(Mg,Fe)_6[(Si,Al)_4O_{10}] \cdot 10H_2O$

Agregāti un habituss. Veido pseidoheksagonālus tabletveida, reizēm mucīņveidīgus kristālus (sk. 170.att.). Pēc habitusa līdzīgi vizlu tipa kristāliem, tomēr skaidri izteikti kristāli sastopami reti. Veido slēpti kristāliskus vai zemjainus agregātus.

Fizikālās īpašības. Blīvums 3,30-3,60 (g/cm³); cietība 5,5- 6 (pēc Moosa); skaldnība – laba; krāsa – dažādas nokrāsas zaļa; svītras krāsa - balta vai pelēka; spīdums – stiklains, caurspīdīgs līdz puscaurspīdīgam.



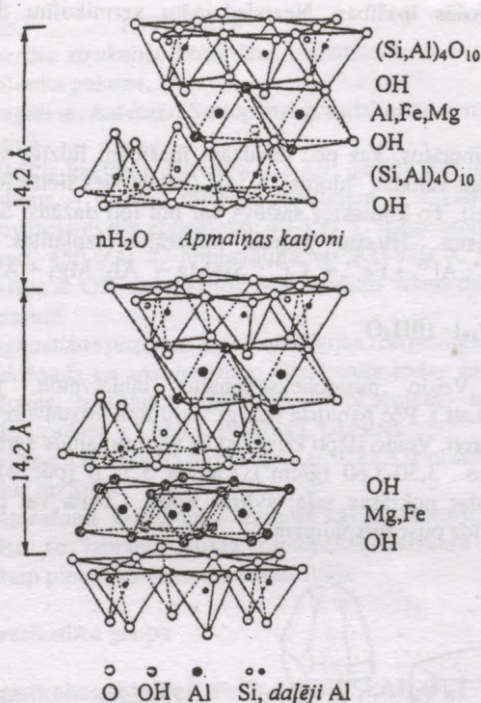
170.attēls. Minerāla hlorīta kristālu habituss.

Hipotētiskais hlorīta sastāvs, kas veidots no talka un brusīta kārtām, varētu būt $Mg_3(Si_4O_{10}) \times (OH)_2 + Mg_3(OH)_6$. Daudzos hlorītos novērojamas ievērojamas atkāpes no šī sastāva sakarā ar Mg aizvietošanos ar Fe^{2+} , Fe^{3+} un Al kā talka, tā arī brusīta kārtā, kā arī Si aizvietošanās ar Al tetraedriskā kārtā (sk. 171.att.).

Sastāva izmaiņas atspoguļojas fizikālajās, optiskajās u.c. īpašībās. Hlorītu karsēšanas līknes raksturo ar endotermiskiem efektiem 480-700 °C temperatūrā, kas saistīti ar konstitūcijas ūdens izdalīšanos un minerāla sadalīšanos, un eksotermiskiem efektiem, kas saistīti ar magnija ortosilikāta izveidošanos.

Veidošanās un sastopamība. Hlorīta izveidošanās saistīta ar zemtemperatūras hidrotermālo procesu, kas vienlaicīgi saistīts ar metamorfisma procesiem. Augstākās temperatūrās hlorīti pārvēršas par granātiem vai kordierītu. Hlorīti sastopami arī magmatiskos iežos. Tur tie izveidojušies no biotīta vai citiem dzelzi un magniju saturošiem minerāliem. Hlorīti sastopami arī mālos, t.i., nogulumiežos. Visbiežāk hlorīti slānekļu veidā sastopami metamorfos iežos, kuru slānekļu tukšumos un plaisās atrodami labi izveidojušies hlorīta kristāli. Hlorīta atradnes ir Šveicē Alpu kalnos, Urālu ziemeļu un dienvidu daļā, Kurskas magnētiskā anomālijā, Tiringenā Bavārijā.

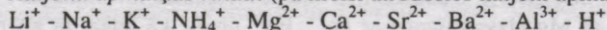
Izmantošana. Hlorītam nav īpašas rūpnieciskas nozīmes. Dažreiz to izmanto dekoratīviem veidojumiem. Hlorītu saturošus mālus izmanto keramikas rūpniecībā. Dažus dzelzs bagātus hlorītus var izmantot kā dzelzsrūdu.



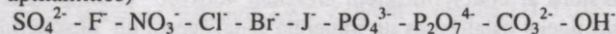
171.attēls. Hlorīta struktūru veidojošās kārtas.

Viena no tipiskākajām mālu īpašībām ir to adsorbcijas un apmaiņas spēja. Māli spēj adsorbēt kā katjonus, tā arī anjonus, tomēr tipiskāka tiem ir katjonu adsorbcija.

Katjonu apmaiņas rinda: (pa kreisi atrodosies katjoni apmainās vieglāk)

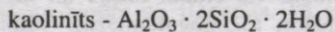


Anjonu apmaiņas rinda: (pa kreisi atrodosies katjoni apmainās vieglāk, resp., pa labi rindā atrodosies katjoni adsorbēti un tāpēc tie uzrāda mazāku tieksmi apmainīties)

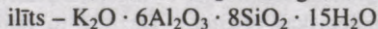
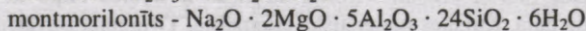
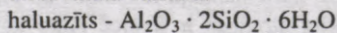


Novērtējot mālu noderību konkrēta izstrādājuma ieguvei, lietderīgi zināt ne tikai mālu minerālu procentuālo ķīmisko sastāvu un kristālķīmisko formulu, bet arī to molāro formulu, kas parāda mālu minerālu sastāvu gan oksīdu veidā, gan arī molārās attiecības starp šiem oksīdiem.

Galveno mālu minerālu molārās formulas ir sekojošas:



un tuvinātā variantā



Serpentīna grupa

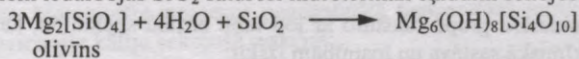
Serpentīns $Mg_6(OH)_8[Si_4O_{10}]$ Nosaukums "serpentīns" attiecas uz minerālu grupu, kas ietver hrizotilu, antigorītu un lizardītu. Struktūra līdzīga kaolinīta struktūrai. Fizikālās īpašības hrizotilam un antigorītam ļoti līdzīgas, taču antigorīts ir plākšņveida, bet hrizotils - šķiedrains (hrizotils ir serpentīns - azbests). "Hrisos" - zelts, "tilos" - šķiedra, "serpens" - čūska.

Agregāti. Antigorīts veido blīvus agregātus, kas sastāv no lapveida un zvīņveida indivīdiem. Lizardīts līdzīgi sastopams blīvu agregātu veidā, bet tiem bieži ir slēpti kristālisks raksturs. Hrizotilam raksturīgi samudžināti šķiedraini un paralēli šķiedraini agregāti, ko sauc par hrizotilazbestu. Šķiedru garums var būt no milimetra desmitdaļām līdz 50 mm, ļoti reti var būt arī līdz 160 mm.

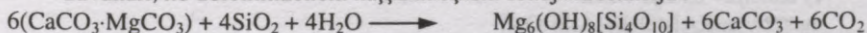
Fizikālās īpašības. Blīvums 2,5-2,7 (g/cm^3); cietība 2,5-3 (pēc Moosa); skaldnība novērta tikai rupjam zvīņveida antigorītam; krāsa - antigorītam un lizardītam parasti pelēka, ar zilganu nokrāsu, hrizotilam - zaļi dzeltena; spīdums - vaska vai taukains, šķiedrainiem paveidiem - zīdains; caurspīdīgs līdz puscaurspīdīgam; raksturīga augsta ugunsizturība.

Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammā (Å): 7,16; 3,588; 2,52 (antigorītam); 7,35; 3,65; 2,498 (lizardītam); 7,36; 3,66; 1,522 (hrizotilam). Šķīst sālsskābē un sērskābē.

Veidošanās un sastopamība. Serpentīns veidojas metasomatiskos procesos, no ultrabāzisko un karbonātiežu primāriem minerāliem ar hidrotermālu šķīdumu līdzdalību. Ultrabāziskos iežos serpentīns izveidojas no olivīna un piroksēna, ja uz šiem minerāliem iedarbojas SiO_2 saturoši hidrotermāli šķīdumi sekojošā reakcijā:



Savukārt, no dolomitizētiem kaļķakmeņiem sekojošā reakcijā:



Liela serpentīna atradnes ir Urālu kalnos Baženovas hrizotila azbesta atradne, Armēnijā, Ukrainā, Aizkarpatos, Jaunkaledonijā.

Izmantošana. Monolītus krāsainos serpentīnus dažreiz skalda un pulē, lai izmantotu kā apdares materiālu. Serpentinizētos dūnītus izmanto ugunsizturīgu materiālu ieguvei. Serpentīna paveidu - hrizotilazbestu - izmanto kā siltumizolējošo materiālu, kā arī speciālu audumu izgatavošanai.

Talka grupa

Talks $Mg_3(OH)_2[Si_4O_{10}]$ Talks - vecs šī minerāla nosaukums arābu valodā.

Ķīmiskais sastāvs. MgO - 31, 7 %; SiO_2 - 63,5 %; H_2O - 4,8 %. Parasti satur arī FeO , Al_2O_3 un NiO .

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 4$. Monoklīns. Simetrija L_2PC .

Agregāti. Parasti veido plākšņveida, zvīņveida agregātus vai blīvas masas.

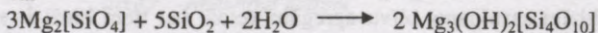
Fizikālās īpašības. Blīvums 2,7-2,82 (g/cm^3); cietība - 1 (pēc Moosa); skaldnība - laba vienā plaknē; krāsa - bāli zaļa, kā arī balta vai dzeltenīga; spīdums - perlamutra līdz taukainam.

Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammā (Å): 9,25; 3,104; 1,525. Skābēs nešķīst.

Veidošanās un sastopamība. Talks veidojas metamorfisma procesā ar hidrotermālu SiO₂ saturošu šķīdumu līdzdalību no iezīm ar bagātīgu magnija saturu (piem., magnezītu un olivīnu). Šajā gadījumā metasomatoze parasti notiek kontakta zonā pēc sekojošām reakcijām:



vai



Talks bieži veido magnezīta pseidomorfozes. Talks mēdz asociēties ar serpentīnu, hlorītu, dolomītu, aktinolītu, turmalīnu un magnetītu. Ievērojamas talka atradnes ir Krievijā Urālos un Kanādā Medoksas apvidū.

Izmantošana. Talku izmanto skābes un ugunsizturīgu materiālu ieguvei, elektroizolatoru izgatavošanai. Talka pulveri izmanto medicīnā, kā arī kā pildvielu gumijas un papīra rūpniecībā. Tīrus minerāla paveidus izmanto kā mašīnu smērvielu.

Vizlu grupa

Vizlu grupas minerāli veido vienu no kārtaino minerālu grupām un to struktūra līdzīga talka un pirofilita struktūrai. Šī ir ļoti svarīga minerālu grupa. Vizlu struktūras pamatelements ir trīskārtaina pakete, kas sastāv no divām silīcija-alumīnija-skābekļa tetraedriskām kārtām un iekšējās oktaedriskās kārtas ar div- un trīsvērtīgajiem katjoniem Mg, Fe²⁺, Fe³⁺, Al³⁺ u.c. Vienvērtīgie katjoni neatrodas paketē, bet izvietojas starp tām.

Vizlu kā minerālu grupu raksturo ar ļoti labu bazālu skaldnību, kas dod plānas plāksnītes. Pēc ķīmiskā sastāva un īpatnībām izšķir:

1) Kalcija - nātrija vizlas

muskovīts $\text{KAl}_2(\text{OH})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$

paragonīts $\text{NaAl}_2(\text{OH})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$

2) Dzelzs - magnija vizlas

flogopīts $\text{KMg}_3(\text{OH},\text{F})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$

biotīts $\text{K}(\text{Mg},\text{Fe})_3(\text{OH},\text{F})[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$

3) Litija vizlas

lepidolīts $\text{KLi}_{1,5}\text{Al}_{1,5}(\text{OH},\text{F})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$

cinvaldīts $\text{KLiFe}^{2+}\text{Al}(\text{OH},\text{F})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$

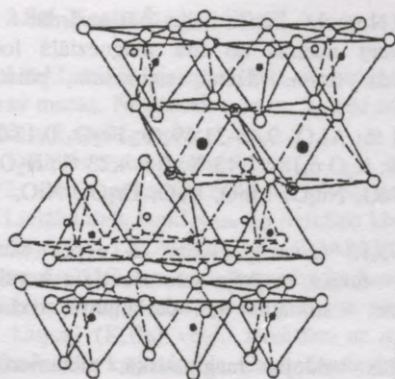
4) Vanādija vizla

roskolīts $\text{KV}_2(\text{OH})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$

Muskovīts $\text{KAl}_2(\text{OH})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$ Nosaukums radies no vārda "Moskovija", kas ir sens Krievijas nosaukums. 172.attēlā parādīta muskovīta struktūra.

Ķīmiskais sastāvs. SiO₂ – 45,2 %; Al₂O₃ – 38,5 %; K₂O – 11,8 %; H₂O – 4,5 %. Daļa alumīnija sestajā koordinācijā var aizvietoties ar Fe³⁺ vai Cr³⁺, bet OH ar F. Reizēm minerāls satur arī nelielus daudzumus Mg un Mn.

Fizikālās īpašības. Blīvums 2,76-3,10 (g/cm³); cietība 2-3 (pēc Moosa); skaldnība – ļoti laba vienā plaknē; bezkrāsains vai arī ar bālu zaļu, brūnu vai pelēku nokrāsu; spīdums - stiklains līdz perlamutra; caurspīdīgs.

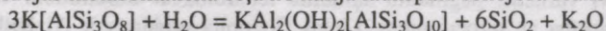


Diagnostikas pazīmes.
Galvenās līnijas rentgenogrammā (Å): 10,03; 2,57; 1,498. Skābēs nešķīst.

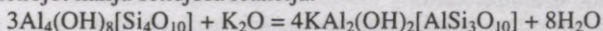
- O
- Al
- ⊕ OH
- K
- • Si (¼ aizvietots ar Al)

172.attēls. Muskovīta struktūra.

Veidošanās un sastopamība. Muskovīts veidojas granīta pegmatītos, hidrotermālās dzīslās un metamorfos kristāliskos slānekļos. Lielāka nozīme ir muskovītam, kas saistīts ar pegmatītiem un metamorfiem iežiem. Granīta pegmatītos muskovīts veidojas metasomatiskā ceļā no kālija laukšpata sekojošā reakcijā:

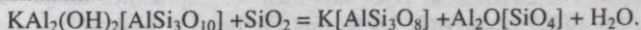


Hidrotermālās atradnēs, piemēram, laukšpatu pārveides rezultātā veidojas sīkvīņaina muskovīta sakopojumi, ko sauc par sericītu. Šo procesu sauc par sericitizāciju. Metamorfos procesos paaugstinātā temperatūrā muskovīts veidojas no māliem, pievienojot kāliju sekojošā reakcijā:



Lielas muskovīta atradnes pazīstamas pegmatītos Indijā Bengālas un Madrasas rajonos, ASV Ziemeļkarolīnā, Merilendā, Kanādā, Ķīnā, Vidusurālos, Ukrainā, Kolas pussalā u.c.

Sairšana un pseidomorfozes. Uz Zemes virsmas muskovīts ir samērā stabils, tomēr var pārvērsties ceolītos, hidrovizlās un kaolinītā. Šķīdumu iedarbībā, kas satur magniju, kalciju un nātriju, muskovīts pārveidojas par serpentīnu, talku un paragonītu. Augstā temperatūrā muskovīts ir nestabils un, izdalot ūdeni, pārvēršas par kālija laukšpatu un silimanītu:



Ja nav kvarca klātbūtnes, pāriet korundā. Muskovīts bieži veido pseidomorfozes ar berilu, korundu, laukšpatu, granātu, kā arī likumsakarīgus saaugumus ar biotītu.

Izmantošana. Saskaņā ar muskovīta labo skaldnību, elastību un zemo siltumvadāmību, tas ir vērtīgs minerāls dažādās tautsaimniecības nozarēs. Ap 90 % muskovīta izmanto elektrorūpniecībā kā izolācijas materiālu. Vizlas pulveri izmanto kā pildvielu.

Biotīts $K(\text{Mg,Fe})_3(\text{OH,F})[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$ Nosaukts franču fiziķa Ž. Bio vārdā.

Biotīts pārstāv minerālu rindu, kura mainās no tīra magnezialā locekļa $\text{KMg}_3(\text{OH,F})[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$ - flogopīta līdz tīram, dzelzi saturošam pārstāvim $\text{KFe}_3(\text{OH,F})[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$ - lepidomelanam.

Ķīmiskais sastāvs. SiO_2 32,83-44,94 %; Al_2O_3 9,43-31,69 %; Fe_2O_3 0,13-20,65 %; FeO 2,74-27,60 %; MgO 0,28-28,34 %; K_2O 6,18-11,43 %; F 0-4,23 %; H_2O 0,89-4,23 %. Kā piemaisījums var saturēt BaO , Na_2O , MnO , CaO , Cr_2O_3 , NiO , TiO_2 , Li_2O , SrO , Cs_2O .

Fizikālās īpašības. Blīvums 3,02-3,12 (g/cm^3); cietība 2-3 (pēc Moosa); skaldnība – ļoti laba vienā plaknē; krāsa - tumša, magniju saturoša vizla ir gaišāka, dzelzi saturošā vizla ir melna; spīdums - stiklains līdz perlamutra, dažreiz - pusmetālisks.

Veidošanās un sastopamība. Biotīts veidojas magmatiskā, metamorfā un metasomatiskā ceļā. Biotīts ir svarīgs daudzu magmatisko iežu minerāls. Bāziskos iežos sastopams ļoti reti, bet vairāk - neitrālos un skābos. Bāziskos iežos biotīts asociējas ar olivīnu. Metamorfās izcelsmes biotīts veidojas metasomatiski vidējās un augstās temperatūrās. Flogopīts bieži vien saistīts ar marmoriem, un rodas reakcijas rezultātā starp alumosilikātus saturošiem iežiem un iežiem, kas bagāti ar magniju, bet nepietiekami – ar SiO_2 , cirkulējošu hidrotermālu šķīdumu ietekmē. Šajā gadījumā iespējami divi varianti: pegmatītu šķīdumu iedarbība ar dolomītiem vai pegmatītu šķīdumu iedarbība ar serpentīniem. Lielas flogopīta atradnes ir Aizbaikālā, Kanādā Ontario provincē, Madagaskarā, Indijā, Korejas pussalā. Lieli biotīta sakopojumi atrasti Ilmeņa kalnos Urālos, Aizbaikālā, kā arī Grenlandē un Skandināvijā.

Izmantošana. Saskaņā ar augstām elektroizolācijas īpašībām, flogopītu praktiski pielieto radio- un elektrorūpniecībā. Flogopītam piemīt liela siltumietilpība un tas var izturēt līdz 1000°C temperatūru.

Lepidolīts $\text{KLi}_{1,5}\text{Al}_{1,5}(\text{OH,F})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$ Nosaukumu ieguvis no grieķu valodas vārda "lepis" – zvīņa, sakarā ar lepidolītu veidojošo agregātu zvīņveida uzbūvi. Sinonīms – polilitionīts.

Cinvaldīts $\text{KLiFe}^{2+}\text{Al}(\text{OH,F})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$ Nosaukumu ieguvis no atrašanas vietas Čehijā.

Ķīmiskais sastāvs. Lepidolītam: SiO_2 46,90-60,06 %; Al_2O_3 11,33-28,80 %; K_2O 4,82-13,85 %; Li_2O 1,23-5,90 %; F 1,36-8,71 %; H_2O 0,65-3,15 %. Cinvaldītam: SiO_2 41,60-46,74 %; Al_2O_3 19,61-25,70 %; FeO 7,18-11,80 %; K_2O 2,86-4,55 %; Li_2O 7,73-9,41 %; F 1,28-9,15 %; H_2O 0,89-5,26 %. Lepidolītos kāliju var aizvietot ar rubīdiju (līdz 49 %), cēziju (līdz 1,9 %), nātriju (līdz 1,1 %) u.c.

Fizikālās īpašības. Blīvums (g/cm^3): 2,8-2,9 (lepidolītam), 2,99 (cinvaldītam); cietība 2-3 (pēc Moosa): (lepidolītam), 3 (cinvaldītam); krāsa – lepidolītam bāli violeta, retāk - bez krāsas, bāli dzeltens vai bāli pelēks, cinvaldīts var būt pat melns; spīdums - stiklains līdz perlamutra.

Veidošanās un sastopamība. Litija vizlas ir tipiski pegmatītu minerāli un tikai reizēm veidojas rūdu dzīslu kontaktā, sakarā ar hidrotermāliem procesiem, kas vairāk raksturīgi cinvaldītam kasiterīta atradnēs. Litija vizlas pazīstamas pegmatītu atradnēs Aizbaikālā, Ukrainā, Urālos, Čehijā, Kanādā un ASV Menas štatā.

Izmantošana. Litija vizlas var izmantot kā litija rūdu.

2.8.6. Karkasa tipa silikāti

Laukšpati ir visizplatītākie minerāli. Laukšpati ir ap 50 % no visas Zemes garozas masas. Neskatoties uz to, ka pēc struktūras un fizikālām īpašībām tie ir tuvi, tos iedala 2 apakšgrupās:

- 1) kālija un bārija laukšpati;
- 2) nātrija un kalcija laukšpati jeb plagioklazi.

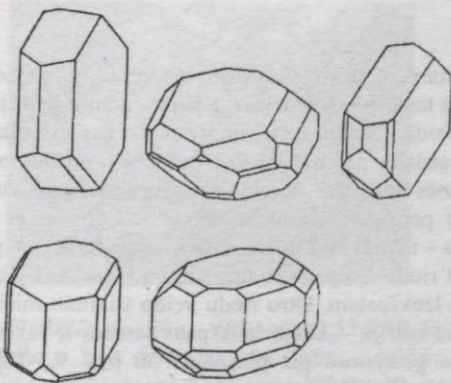
Lielākā daļa laukšpatu, no fizikālās ķīmijas viedokļa, ir trīskomponentu sistēmas $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8] - \text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8] - \text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$ sastāvi. Laukšpatu struktūru veido nepārtraukts SiO_4 un AlO_4 tetraedru karkass un pozitīvi lādēti Na, K, Ca un Ba joni. Karkass ir diezgan elastīgs un pats var pēc izmēriem pielāgoties katjona izmēriem; lielle katjoni (K, Ba) veido struktūru ar monoklīno vai tuvinātu triklīno simetriju; mazāka izmēra katjoni (Na, Ca) nedaudz deformē struktūru un simetrija kļūst triklīnā.

Plagioklazi $(\text{Na,Ca})[\text{Al}(\text{Al,Si})\text{Si}_2\text{O}_8]$

Plagioklazi ir izplatītākie laukšpati. Plagioklazu rinda ietver mainīga sastāva minerālu grupu no tīra nātriju saturošā - albīta (Ab) $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ līdz tīram kalciju saturošam - anortītam (An) $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$, t.i., albīts un anortīts veido nepārtrauktu rindu heterovalentos cietos šķīdumus. Šajā rindā skaitliskie indeksi atbilst molu %.

Albīts	$\text{An}_0 - \text{Ab}_{100}$
Oligoklazs	$\text{An}_{10} - \text{Ab}_{90}$
Andezīns	$\text{An}_{30} - \text{Ab}_{70}$
Labradors	$\text{An}_{50} - \text{Ab}_{50}$
Bitovnīts	$\text{An}_{70} - \text{Ab}_{30}$
Anortīts	$\text{An}_{100} - \text{Ab}_0$

Agregāti un habituss. Plagioklazi sastopami graudainu agregātu veidā daudzos magmatiskos iežos (daži no šiem iežiem gandrīz pilnībā sastāv no plagioklaziem (piem., labradorīti). Plagioklazi tukšumos parasti veido drūzas. Labi izveidoti kristāli sastopami samērā reti un tiem ir tabletveida vai prizmatisks apveids (sk. 173.att.). Gandrīz vienmēr veido dažāda tipa polisintētiskos dvīņus.



Plagioklazi ir:

Fizikālās īpašības.

Blīvums 2,62-2,76 (g/cm^3);
 cietība 6-6,5 (pēc Moosa);
 skaldnība - laba divās
 plaknēs, krāsa - balta vai
 pelēka, reizēm ar zaļganu,
 zilganu vai sarkanu nokrāsu.

173.attēls. Minerālu plagioklazu kristālu habituss.

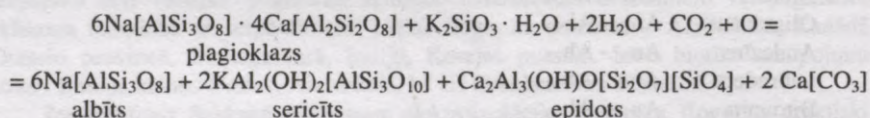
1) Mēness akmens - skābais plagioklazs, kuram piemīt savdabīga krāsu spēle (zili baltas un zaļi baltas nokrāsas atgādina Mēness gaismu),

2) Saules akmens - skābais plagioklazs, dažreiz tiek saukts par avanturīnu (ar skaistu zeltainu nokrāsu).

Dažiem plagioklaziem (piem., labradoram) uz dažām plaknēm novērojama krāsu spēle - irizācija. Uzskata, ka irizāciju izraisa vai nu interference plānās plāksnītēs, vai arī likumsakarīgi izvietoti sīkizmēra ieslēgumi.

Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammās (Å): 4,11; 3,21; 2,955 (albītam); 4,07; 3,67; 3,18 (oligoklazam); 3,22; 2,534; 1,824 (labradoram); 3,20; 2,509; 2,135 (anortītam). Plagioklazi skābēs šķīst dažādi. Šķīdība skābēs pieaug, sākot no albīta, kas gandrīz nešķīst skābēs, līdz anortītam, kas salīdzinoši viegli šķīst skābēs.

Veidošanās un sastopamība. Plagioklazi veidojas endogēnos procesos, parasti tiešā magmatiskā procesa un pegmatīta stadijās. Tie ir galvenie daudzu magmatisko un metamorfo iežu minerāli. Bāziskos iežus veido bāziskie plagioklazi, skābos – skābie plagioklazi. Pegmatītos anortīta saturs nepārsniedz 30 mol %. Metamorfisma procesā spiediena, temperatūras un hidrotermālo šķīdumu ietekmē ar plagioklaziem notiek izmaiņas. Piemēram, notiek to albitizācija, t.i., bāziskie plagioklazi pārveidojas par skābajiem. Ar albitizācijas procesu ģenētiski saistīti arī seritizācijas un epidotizācijas procesi pēc sekojošas shēmas:



Plagioklazu atradņu ir ļoti daudz.

Sairšana. Uz Zemes virsmas plagioklazi ir nestabili un sadēd, no tiem pilnīgi izdalās sārmu un sārmzemju metāli.

Izmantošana. Pelēkos līdz melniem labradorītus izmanto kā apdares materiālu. Albītu un oligoklazu izmanto kā kušpus keramikas ražošanā.

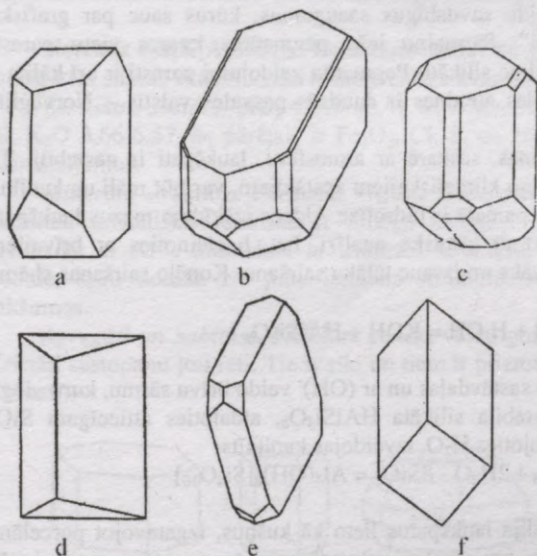
Kālija - nātrija laukšpati

Kālija - nātrija laukšpatu savstarpējā aizvietošanās ir ierobežota un tie neveido nepārtrauktu cieto šķīdumu rindu kā tas ir plagioklaziem. Kālija – nātrija laukšpati kā viendabīgi minerāli cieto šķīdumu veidā ir stabili tikai temperatūrās, kas augstākas par 900 °C. Zemākās temperatūrās tie sadalās par $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ (ortoklazu un mikroklīnu) un $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ (albītu). Sadalīšanās rezultātā izveidojas likumsakarīgi saaugumi ortoklazam ar albītu, ko sauc par peritītiem. Savukārt, albīta saaugumus ar kālija laukšpatu – par antiperitītiem. Kālija – nātrija laukšpatu iedala divās rindās jeb grupās – monoklīnos un triklīnos. Pirmajā rindā ietilpst sanidīns un ortoklazs, kas pēc sava sastāva atbilst gandrīz tīram kālija laukšpatam. Otro rindu veido triklīnie minerāli – mikroklīns un anortoklazs. Triklīno nātrija – kālija laukšpatu sastāvā ir ievērojams nātrija laukšpata saturs, kas dažos gadījumos pat pārsniedz 50 mol %. Tāpēc to formulu ieteicams rakstīt sekojoši: $(\text{Na},\text{K})[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$.

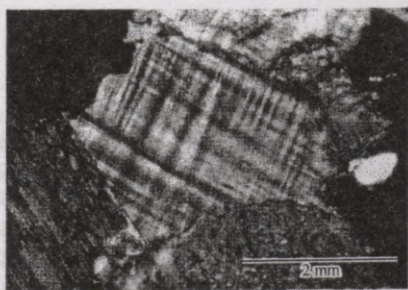
Ortoklazs, mikroklīns, sanidīns $K[AlSi_3O_8]$

Ķīmiskais sastāvs: SiO_2 64,7-65,7 %; Al_2O_3 18,4-18,7 %; Na_2O 0-2,9 %; K_2O 12,7-16,9 % (mikroklīns, ortoklazs, sanidīns); SiO_2 65,7-67,7 %; Al_2O_3 18,7-19,2 %; Na_2O 2,9-8,9 %; K_2O 4,2-12,7 % (anortoklazs).

Agregāti un habituss. Sastopami graudainu vai rupji kristālisku agregātu veidā (mikroklīnam individuāli izmēri, ko nosaka pēc skaldnības, var būt no desmit centimetriem līdz pat dažiem metriem). Veido drūzas un atsevišķus prizmatiskus vai tabletveida kristālus (sk. 174.att.). Bieži novērojami parastie un polisintētiskie dvīņi (sk. 175.att.). Mikroklīnam raksturīgi arī zonālie kristāli.



174.attēls. Minerālu kālija - nātrija laukšpatu kristālu habituss: a, b, c - ortoklazs; d - adulārs; e - sanidīns; f - anortoklazs.



175.attēls. Minerāla mikroklīna mikrostruktūra.

Fizikālās īpašības. Blīvums 2,55-2,58 (g/cm^3); cietība 6-6,5 (pēc Moosa); skaldnība - laba divās plaknēs; krāsa - dažādu nokrāsu bāla, ko nosaka mehāniski dažādu sadalīšanās produktu piemaisījumi. No laukšpatu savdabjiem var nosaukt:

1) adularu - hidrotermālo, bieži caurspīdīgo K laukšpatu, kam ir savdabīgs kristālu apveids (sk. 174.att.);

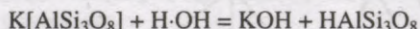
2) amazones akmeni jeb amazonītu, zili zaļu mikroklīnu, kura krāsu, iespējams, nosaka Rb;

3) gialofanu – bāriju saturošu ortoklazū.

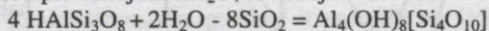
Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammās (Å): 4,02; 3,80; 3,183 (ortoklazam); 3,22; 2,16; 1,80 (mikroklīnam). Skābēs nešķīst.

Veidošanās un sastopamība. Šie laukšpati veidojas tiešā magmatiskā un pegmatītu stadijās. Tie ir skābo magmatisko iežu galvenie minerāli. Kālija – nātrija laukšpati pegmatītos veido liela izmēra kristālus, kā arī apjomīgus sakopojumus. Granīta pegmatītos galvenokārt izveidojies mikroklīna pertīts, kas parasti asociējas ar kvarcu, muskovītu u.c. pegmatītu dzīslu veidojošiem minerāliem. Kālija – nātrija laukšpati pegmatīta dzīslās veido savdabīgus saaugumus, kurus sauc par grafisko pegmatītu jeb “ebreju akmeni”. Sārmaino iežu pegmatītos kvarca vietu parasti aizņēmis nefelīns vai citi sārmainie silikāti. Pegmatīta veidojumi parasti ir arī kālija – nātrija laukšpatu atradnes. Šādas atradnes ir daudzās pasaules valstīs – Norvēģijā, Zviedrijā, Krievijā, ASV u.c.

Sairšana. Uz Zemes virsmas, saskarē ar atmosfēru, laukšpati ir nestabili. To sairšanas galaprodukti, atkarībā no klimatiskajiem apstākļiem, var būt māli un kaolīni. Uzkata, ka laukšpatu sairšanas pamatā ir hidrolīze. Ūdens izšķīdina mazus laukšpata daudzumus, kurus grūti noteikt ar ķīmisko analīzi, bet, bagātinoties ar brīvajiem joniem, tāds šķīdums kļūst aktīvāks un izsauc tālāku sairšanu. Kopējo sairšanas shēmu var attēlot sekojoši:



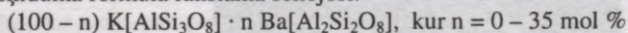
Na un K ir viegli šķīstošas sastāvdaļas un ar (OH)⁻ veido brīvu sārmu, kuru viegli iznest ārpus minerāla. No nestabila silikāta HAlSi₃O₈, atdaloties attiecīgam SiO₂ daudzumam un papildu pievienojoties H₂O, izveidojas kaolīnīts:



Izmantošana. Nātrija – kālija laukšpatus lieto kā kušņus, izgatavojot porcelānu un fajansu, kā arī kā glazūru un emalju uzkausēšanas temperatūru pazeminošu komponentu.

Kālija – bārija laukšpati

Kālija – bārija laukšpati veido izomorfos cietos šķīdumus, kurus pieņemts saukt par celziānu. Tira bārija laukšpata Ba[Al₂Si₂O₈] formula ir analogiska anortīta formulai, tikai ar to atšķirību, ka kalcija jona vietu ieņem bārija jons. Celziāna, kā kālija – bārija cietā šķīduma formula rakstāma sekojoši:



Fizikālās īpašības. Pēc savām īpašībām ļoti līdzīgs ortoklazam, no kura atšķiras ar to, ka satur bāriju. Celziānam, salīdzinot ar ortoklazū, ir lielāks blīvums 3,31-3,37 (g/cm³).

Veidošanās un sastopamība. Celziāns veidojies kontakta – metasomatiskā procesā. Bārija laukšpats ir relatīvi reti sastopams minerāls. Atradnes ir Krievijā Aizbaikālā, Ukrainā, Zviedrijā u.c.

Izmantošana. Celziānu var izmantot kā bārija rūdu. Sintētisko celziānu izmanto ugunsizturīgu materiālu un speciālas nozīmes porcelāna ieguvē.

Feldšpatoīdu grupa

Kā jau norāda nosaukums, feldšpatoīdi ir līdzīgi laukšpatiem gan pēc struktūras, gan fizikālajām īpašībām. Šī minerālu grupa ietver nefelīnu, leicītu un sodalīta grupu, no kuriem nefelīns ir pats izplatītākais. Ķīmiskā ziņā tie atšķiras no laukšpatiem ar to, ka satur mazāk SiO₂ attiecībā pret K un Na. Feldšpatoīdu struktūra ir līdzīga laukšpatu struktūrai un sastāv no četr- un sešlocekļu gredzeniem, veidojot trīsdimensionālu režģi.

Nefelīns Na₃K[AlSiO₄]₄ Nosaukums radies no grieķu vārda "nefele" - mākonis (sadaloties stiprās skābēs veido mākoņveidīgu kvarcu).

Ķīmiskais sastāvs. SiO₂ 41,48-46,41 %; Al₂O₃ 31,07-33,99 %; Na₂O 15,67-17,25 %; K₂O 3,66-6,57 %; pārējais ir Fe₂O₃, Cl, F, un H₂O, kā arī var saturēt Ca un Be piemaisījumus.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā Z = 2. Simetrija L₆. Nefelīna kristāliskā struktūra ir līdzīga tridimīta struktūrai, kur puse Si⁴⁺ jonu aizvietota ar Al³⁺. Salīdzinot ar tridimīta struktūru, nefelīnā novērojama tetraedru nobīde, kuru nosaka Na jonu ieiešana struktūrā. Na joni ieiet tetraedru karkasa tukšumos.

Agregāti un habituss. Nefelīns parasti veido graudainus vai masīvus agregātus. Kristāli sastopami ļoti reti. Tie ir sīki un tiem ir prizmatisks, īss stabveida apveids (sk. 176.att.).

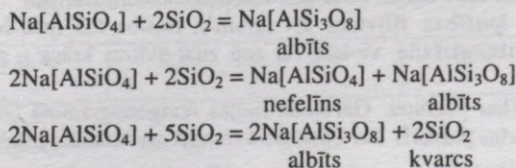


176.attēls. Minerāla nefelīna kristālu habituss.

Fizikālās īpašības. Blīvums - 2,6 (g/cm³); cietība 5-6 (pēc Moosa); skaldnības nav; bezkrāsains, bet bieži var būt balts, pelēks vai brūns; spīdums - stiklains līdz taukainam.

Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammās (Å): 3,00; 2,34; 1,553. Skābēs šķīst, izdalot SiO₂ mākoņveidīgu gēlu.

Veidošanās un sastopamība. Nefelīns veidojas magmatiskos procesos un tas ir daudzu bāzisko iežu sastāvdaļa. Nekad nav sastopams kopā ar kvarcu, jo ar to reaģē un, atkarībā no kvarca daudzuma, veido albītu, nefelīnu un albītu, vai arī albītu un kvarcu:



Nefelīns sārmainos iežos ļoti bieži asociējas ar citiem feldšpatoīdiem (leicītu, sodalītu, nozeānu, kankrinītu). Nefelīna atradnes ir Hibīnos, Urālos, Ukrainā u.c.

Sairšana. Nefelīns uz Zemes virsmas ir nestabils un pārveidojas kaolinītā, karbonātos, sulfātos u.c. skābekļa savienojumos.

Izmantošana. Nefelīnu, galvenokārt kā nefelīna sienīta sastāvdaļu, ļoti plaši izmanto rūpniecībā. Porcelāna rūpniecībā to izmanto kā laukšpata aizstājēju. Nefelīnu izmanto kā alumīnija rūdu, lai iegūtu sodu, kā arī stikla rūpniecībā.

Leicīts $K[AlSi_2O_6]$ Nosaukums radies no grieķu vārda "leikos" - gaišais.

Ķīmiskais sastāvs. K_2O - 21,5 %; Al_2O_3 - 23,5 %; SiO_2 - 55,0 %. Kā piemaisījumus satur Na_2O un CaO .

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 16$. Simetrija L_4PC .



Agregāti un habituss. Sastopams labi veidotu tetragontrioktaedrisku kristālu formā (sk. 177.att.). Tipiski ir polisintētiskie dvīņi, kas $620^{\circ}C$ temperatūrā pazūd un minerāls kļūst izotropš. Pazeminot temperatūru, atkal parādās polisintētiskie dvīņi un anizotropija.

177.attēls. Minerāla leicīta kristāla habituss.

Fizikālās īpašības. Blīvums 2,45-2,50 (g/cm^3); cietība 5,5-6 (pēc Moosa); skaldnības nav; bezkrāsains, pelēkbalts vai pelnu pelēks; spīdums - stikla.

Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammās (Å): 3,43; 3,25; 1,66. Šķīst HCl , izdalot pulverveida SiO_2 .

Veidošanās un sastopamība. Leicīts ir tipisks magmatiskais minerāls, tas sastopams tikai jaunos iežos skeleta formu veidā. Nekad nav sastopams kopā ar kvarcu, jo ar to reaģē, veidojot ortoklazu: $K[AlSi_2O_6] + SiO_2 = K[AlSi_3O_8]$

Labi veidoti leicīta kristāli atrasti Itālijā Vezuva un Albāņu kalnu lavā, Pieurālos un Aizkaukāzā.

Sairšana. Uz Zemes virsmas leicīts ir nestabils un viegli pārveidojas par mālu minerāliem.

Izmantošana. Dažās valstīs to izmanto, lai iegūtu kāliju un alumīniju, bet lielas rūpnieciskas nozīmes tam nav.

Lazurīts $Na_6Ca(SO_4,Cl,S)_2[AlSiO_4]_6$ Nosaukumu ieguvis no persiešu valodas "lazward" - zilais, pēc spilgti zilās krāsas.

Agregāti un habituss. Lazurīts sastopams blīvu masu veidā. Kristāli sastopami ļoti reti un to skaldnes atbilst kuba un rombododekaedra formām.

Fizikālās īpašības. Blīvums 2,4 (g/cm^3); cietība 5,5 (pēc Moosa); skaldnība - vāja; krāsa - zila, gaišzila, violeta vai zaļi zila; svītras krāsa - gaiši zila; spīdums - stikla.

Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammā (Å): 3,71; 2,87; 2,62. Sālskābē lazurīta pulveris ātri kļūst bezkrāsains un sadalās, izdalot gelveida SiO_2 un H_2S .

Veidošanās un sastopamība. Lazurīts sastopams kontakta vietās starp bāziskiem magmatiskiem iežiem un kaļķakmeņiem, asociējas ar kalcītu, diopsīdu, skapolītu, sulfīdiem. Lazurīts atrasts Piebaikāla dienvidos, Afganistānā.

Izmantošana. Izmanto kā apdares akmeni, kā arī lai iegūtu zilu krāsu.

Ceolīti (Na_2Ca) $\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot n\text{SiO}_2\cdot m\text{H}_2\text{O}$, kur $n = 2,3,4,6$; $m = 0$ līdz 8

Šie minerāli satur ceolītu ūdeni, kuru minerāls viegli atdod, nemainot savu struktūru, atšķirībā no kristalizācijas ūdens, kura izdalīšanās, paaugstinot temperatūru, sagrauj minerāla struktūru. Izdalītā ūdens vietā tie var sorbēt citus komponentus un apmainīties katjoniem. To struktūru veido tetraedru gredzeni, lieli tukšumi starp tiem savienoti ar samērā plašiem kanāliem. Ceolītu ūdens atrodas tukšumos: karsējot ceolīti pakāpeniski to zaudē caur šiem kanāliem, saglabājot tilpumu, attiecīgi izmainās tikai blīvums un optiskās konstantes. Atūdeņotais ceolīts attiecīgos apstākļos atkal pievieno pazaudēto ūdeni un atjaunojas iepriekšējās fizikālās īpašības.

Ceolītu raksturīga īpatnība ir to katjonu apmaiņas spēja difūzijā. Tā Ca un Na var apmainīties ar K, Mg, Fe^{2+} , kas atrodas ūdens šķīdumos, vai pat ar anjoniem (piem., Na natrolītā var aizvietoties ar SO_4). Ceolītu katjonu apmaiņas spēju nosaka to struktūras īpatnības. Pēc ūdens izdalīšanās kanāli paliek atvērti un rada labvēlīgus apstākļus difūzijai. Atūdeņotie ceolīti var sorbēt ne vien ūdeni, bet arī dažādas organiskās vielas (etilsirtu, sērūdeņradi u.c.), nesagraujot savu struktūru, bet izmainot tikai dažas fizikālās īpašības. No ķīmiskā viedokļa, ceolīti ir Ca un Na, daļēji arī Ba, Sr, K, reti – Mg un Mn H_2O saturoši alumosilikāti.

2.9. Karbonāti

Karbonātus veido ogļskābes sāļi, Ca, Na, Mg, TR, U^{6+} , Cu^{2+} , Ba, Pb, Zn, Fe, Co un Bi sāļi. Ietilpst apmēram 80 minerāli, no kuriem daudzi dabā ir plaši izplatīti. It sevišķi tas attiecas uz CaCO_3 , kas bieži veido apjomīgus nogulumus. Pazīstami arī karbonāti, kas satur papildu anjonus, kā OH^- , Cl^- , F^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} .

Karbonātu struktūru veido plakanas $[\text{CO}_3]^{2-}$ grupas, kurās ap oglekli simetriski izvietojušies trīs skābekļa joni, veidojot vienādmalu trijstūri. $[\text{CO}_3]^{2-}$ grupas savstarpēji sasaista un vienlaicīgi arī izolē vienu no otras katjoni, veidojot saliņu tipa karbonātus. Šīs grupas veido arī ķēdītes (ķēdīšu tipa karbonāti) vai kārtas (kārtainie karbonāti).

Karbonātu minerālu kristāli var sasniegt lielus izmērus. Parasti karbonāti sastopami masīvu, graudainu agregātu veidā un daudzi no tiem Zemes garozā veido apjomīgus monominerālu iežus.

Dažos gadījumos karbonātu klases minerāliem novērojama morfotropijas parādība, t.i., ka lēcienveidīgas struktūras izmaiņai un tātad arī kristālu formas maiņai par pamatu galvenokārt ir pēc ķīmiskām īpašībām līdzīgu struktūru veidojošo katjonu izmēru izmaiņa, saglabājoties vienādei anjonu daļai. Divvērtīgo karbonātu morfotropija:

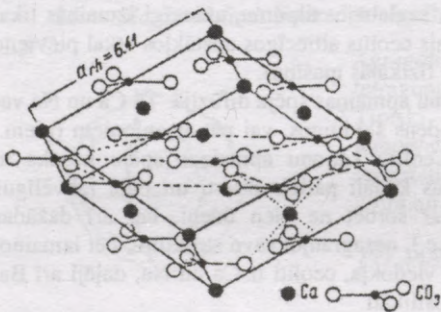
Katjonu rādiusi, Å	0,78	0,83	0,83	0,91	1,04
Trigonālie karbonāti ($\text{L}_3\text{3L}_2\text{3PC}$)	$\text{MgCO}_3 \rightarrow$ magnezīts	$\text{ZnCO}_3 \rightarrow$ smitsonīts	$\text{FeCO}_3 \rightarrow$ siderīts	$\text{MnCO}_3 \rightarrow$ rodohrozīts	$\text{CaCO}_3 \rightarrow$ kalcīts

Katjonu rādiusi, Å		1,27	1,32	1,43	
Rombiskie karbonāti (3L ₂ 3PC)	→ CaCO ₃ → aragonīts	SrCO ₃ → stroncianīts	PbCO ₃ → cerusīts	BaCO ₃ viterīts	

Kalcīts Ca[CO₃] Nosaukums kalcīts cēlies no latīņu vārda "calx", kas tulkojumā nozīmē – kalķis. Sinonīms – kalķa špats.

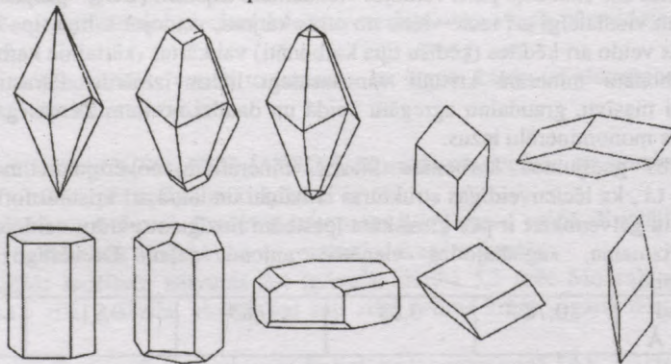
Ķīmiskais sastāvs: CaO – 56 %, CO₂ – 44 %. Kā piemaisījumus bieži satur Mg, Fe, Mn, reizēm – Zn, Sr.

Minerāla struktūra ir viegli atvasināma no NaCl struktūras, ja tajā nātrija jonus aizstāj ar kalcija joniem un hlora jonus - ar CO₃ grupām un pēc tam kubu trešās pakāpes simetrijas ass virzienā deformē (saspiež vai izstiepj). Minerāla kalcīta kristāla struktūras pamatmotīvs parādīts 178.attēlā. Tādējādi var uzskatīt, ka kalcīta kristāla struktūra atbilst nedaudz deformētam kubiskam blīvam daļiņu sakārtojumam. Formulas vienību skaits elementāršūnā Z = 6. Kalcīts ir trigonāls.



178.attēls. Minerāla kalcīta kristāla struktūra.

Agregāti un habituss. Kalcīts parasti sastopams graudainu vai blīvu agregātu veidā. Kalcīts dabā veido arī drūzas, žeodas un notecējumus. Pieder pie minerāliem ar skaidri izteiktu kristalogrāfisko individualitāti. Kalcīta monokristāliem raksturīgas skalenoedra, heksagonālās prizmas un romboedra formas vai šo formu kombinācijas ar pinakoīdu. Kalcīta kristālu habitusi parādīti 179.attēlā.



179.attēls. Minerāla kalcīta kristālu habituss.

Bieži sastopami kalcīta dvīņu kristāli un polisintētiskie dvīņi. Pazīstami arī kalcīta paralēlie saaugumi ar kvarcu un dolomītu. Izšķir vairākus kalcīta paveidus: bezkrāsainais islandes špats, caurspīdīgais kalcīts, šķiedrainais kalcīts, kalcīta oniksi – masīvas notecējumu formas, kurām dažreiz piemīt zonāla – kārtaina uzbūve u.c.

Fizikālās īpašības. Blīvums 2,6-2,72 (g/cm³); cietība 3-3,5 (pēc Moosa); skaldnība – laba; krāsa - bezkrāsains vai pienbalts, dažreiz ar piemaisījumiem nokrāsots dažādos gaišos toņos.

Diagnostikas pazīmes. Intensīva reakcija ar 10 % aukstu HCl, strauji izdalot CO₂. Ļoti liela gaismas dubultlaušanas spēja. Galvenās līnijas rentgenogrammā (Å): 3,03; 1,87; 1,044.

Veidošanās un sastopamība. Kalcīts ir ļoti labi pazīstams un plaši izplatīts minerāls Zemes garozā. Tas ir vairāku nogulumu un metamorfo iezu galvenais veidojošais minerāls. Kalcīts ir daudzu apjomīgu karbonātiežu, kā kaļķakmens, krīta, marmora u.c.galvenā sastāvdaļa. Kalcīts ir arī sastopams daudzos noguluma iezos kā to minerālu cementējošā sastāvdaļa. Marmoru, ko dažreiz sauc arī par kristāliskiem kaļķakmeņiem, mineralogiskais sastāvs mainās plašās robežās: no tīra kalcīta sastāvoša baltā marmora, ko izmanto skulptūru izgatavošanai, līdz marmoram, kas sastāv no kalcīta, diopsīda, tremolīta un vēl daudzu citu minerālu asociācijām. Minerālu asociāciju sastāvu marmoros nosaka kaļķakmeņu mineralogiskais sastāvs, no kuriem tie veidojušies metamorfisma procesā. Kalcīts sastopams izlijuma iezu tukšumos, kur tas radies pārveidojoties kalciju saturošiem silikātiem hidrotermālo šķīdumu ietekmē. Tā, piemēram, Islandē bazalta kavemās izveidojušies ļoti tīri, optiskas kvalitātes kalcīta kristāli, kas ieguvuši nosaukumu – Islandes špats. Labi izveidoti kalcīta kristāli sastopami arī hidrotermālās dzīslās. Tur kalcīts mēdz asociēties ar sulfīdiem, kvarcu, barītu, fluorītu, dolomītu un siderītu. Kalcīta stalaktīti un stalagmīti sastopami liela izmēra iezu tukšumos – alās un kanālos. Bez kaļķakmens un krīta veidojumiem vēl izplatīti tādi eksogēno procesu veidojumi kā travertīns, kaļķa tufs, saldūdens kaļķi, kalcīta notecējumi jeb lāseni. Labi izveidojušos kalcīta kristāli atrasti ASV Mičiganas vara raktuvēs, Norvēģijā, Krievijā u.c. Marmors atrodams Alpos Kararas atradnē un Karēlijā, krīts – Krievijā Belgorodā, travertīns – Itālijā. Izplatītas ir kaļķakmens atradnes. Kvalitatīva kaļķakmens atradnes zināmas arī Latvijā.

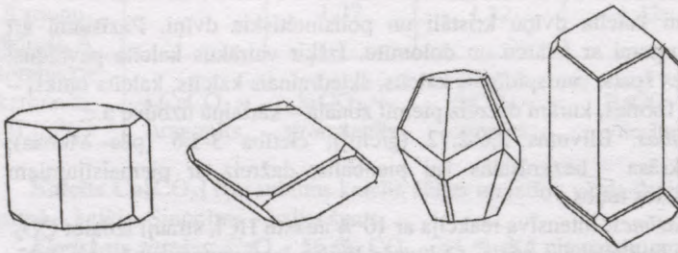
Saiņšana un pseidomorfozes. Uz Zemes virsmas kalcīts ir nestabils, tas šķīst un aizvietojas ar citiem minerāliem. Kalcīta pseidomorfozes veido kvarcs, halcedons, opals, dzelzs hidroksīdi, piroluzīts. Savukārt, kalcīts veido aragonīta, ģipša, barīta, fluorīta, celestīna u.c. minerālu pseidomorfozes.

Izmantošana. Kalcītu izmanto būvkaļķu u.c. būvmateriālu ražošanai, kā kusni metalurģijā, stikla rūpniecībā. Marmoru un travertīnu kā dekoratīvu materiālu izmanto būvniecībā un tēlniecībā. Islandes špatu izmanto optiskas ražošanai.

Magnezīts Mg[CO₃] Magnezīts nosaukumu ieguvis no atrašanas vietas Magnēzijā Grieķijā. Sinonīms – magnezīlais špats.

Ķīmiskais sastāvs. MgO – 47,6 %, CO₂ – 52,4 %.

Agregāti un habituss. Magnezīts sastopams blīvu marmorveidīgu masu un notecējumu veidā, ļoti reti – romboedrisku kristālu formā (sk. 180.att.), kas visbiežāk novērojami talka un hlorīta slānekļos.

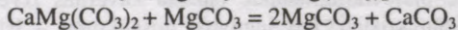
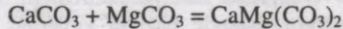


180.attēls. Minerāla magnēzīta kristālu habituss.

Fizikālās īpašības. Blīvums 2,9-3,1 (g/cm³); cietība 3,5-4,5 (pēc Moosa); skaldnība – laba; krāsa – balta ar dzeltenīgu vai pelēku nokrāsu; spīdums – stiklains.

Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammā (Å): 2,74; 1,697; 0,912. Magnēzīts šķīst karstā HCl.

Veidošanās un sastopamība. Magnēzīts galvenokārt veidojas hidrotermālos un infiltrācijas procesos. Hidrotermālos procesos kristāliskais magnēzīts izveidojas kaļķakmeņos, dolomītos, dolomitizētos kaļķakmeņos, bet amofrā veidā – serpentīnītos. Infiltrācijas magnēzīts izveidojas serpentīnīta sadēdēšanas zonās. Magnēzīta veidošanās kaļķakmeņos notiek tā, ka vispirms MgCO₃ saturošā hidrotermālā šķīduma ietekmē izveidojas dolomīts un pēc tam no dolomīta izveidojas magnēzīts:

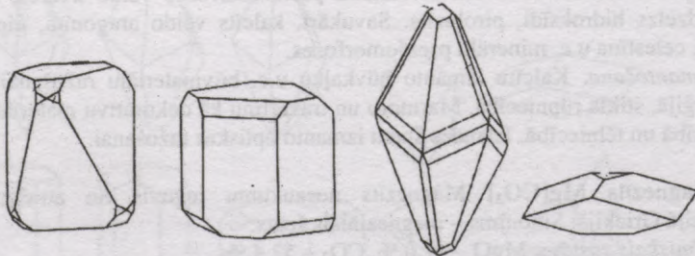


Magnēzīts asociējas ar dolomītu, kalcītu, aragonītu, siderītu, serpentīnu, talku, brukītu u.c. minerāliem. Infiltrācijas magnēzīts mēdz būt kopā ar dzelzs hidroksīdiem, opālu un halcedonu. Magnēzīta atradnes ir Krievijā Urālos, Austrijā Alpos, Ķīnā u.c.

Izmantošana. Magnēzītu izmanto metāliskā magnija, ugunsizturīgo materiālu, kā arī Soreja cementa ieguvei.

Siderīts Fe[CO₃] Siderīts nosaukumu ieguvis no grieķu vārda “sideros” – dzelzs. Sinonīmi – dzelzs špats, halibīts, dzelzs špatoze.

Ķīmiskais sastāvs. FeO – 62,1 %, CO₂ – 37,9 %.



181.attēls. Minerāla siderīta kristālu habituss.

Agregāti un habituss. Siderīts parasti novērojams graudainu vai marmorveidīgu masu veidā. Reizēm sastopami prizmatiska vai skalenoedriskā habitusa siderīta kristāli

(sk. 181.att.). Retāk sastopams drūzu veidā, ko veido plakani romboedri. Turklāt pazīstami t.s. sferosiderīti, kas bieži satur ievērojamu daudzumu mālvielas.

Fizikālās īpašības. Blīvums 3,9-4,0 (g/cm^3); cietība 3,5-4,5 (pēc Moosa); skaldnība – laba; krāsa – dzeltenī pelēka, brūna; spīdums – stiklains.

Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammā (Å): 2,79; 2,14; 1,73. Lēni šķīst aukstā HCl, bet karstā – intensīvi.

Veidošanās un sastopamība. Siderīts veidojas hidrotermālā ceļā kopā ar citiem minerāliem, kas ir rūdu dzīslu sastāvā. Sferosiderītos un kaļķakmeņos veidojas eksogēnā ceļā. Siderīts sastopams asociācijā ar rūdu dzīslu minerāliem un brūnām dzelzsrūdām. Ievērojamas siderīta atradnes ir Urālos, Aizkarpatos, Austrijā, Biskajas līcī u.c.

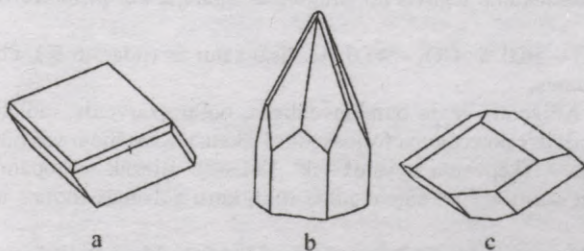
Sairšana. Uz Zemes virsmas siderīts nav stabils un pārveidojas par brūno dzelzsrūdu.

Izmantošana. Siderīts ir svarīga dzelzs rūda.

Rodohrozīts $\text{Mn}[\text{CO}_3]$ Nosaukums radies no grieķu valodas “rodon” – roze un un “hros” – krāsa. Sinonīmi – mangāna špats, aveņu špats.

Ķīmiskais sastāvs. MnO – 61,7 %; CO_3 – 38,3 %. Bieži satur Mg, Ca, reizēm – Zn un Co piemaisījumus.

Agregāti un habituss. Rodohrozīts veido mikrosferolītus (bumbiņveidīgi un niervēdīgi mikroagregāti ar starainu uzbūvi), sastopams arī blīvu graudainu masu veidā. Labi veidoti kristāli novērojami reti, parasti tiem ir romboedrīks apveids (sk. 182.att. a). Pazīstami rodohrozīta un dolomīta paralēlie saaugumi.



Fizikālās īpašības. Blīvums 3,6-3,7 (g/cm^3); cietība 3,5-4 (pēc Moosa); skaldnība – laba; krāsa – balta, pelēkbalta, zaļi pelēka, kristāliskie un lielgraudainie paveidi – spilgti rozā; spīdums – stiklains.

182.attēls. Minerālu kristālu habituss: a – rodohrozīta; b, c – smitsonīta.

Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammā (Å): 3,65; 2,86; 1,762. Šķīst siltās skābēs.

Veidošanās un sastopamība. Rodohrozīts galvenokārt veidojas nogulumu procesos un novērojams mangāna jūras nogulumos Čiaturi Aizkaukāzā, Nikopolē Ukrainā u.c. Hidrotermālo dzīslu atradnēs šis minerāls ir kopā ar sulfīdiem (Urāli, Karpati).

Sairšana un pseidomorfozes. Uz Zemes virsmas rodohrozīts ir nestabils un pāriet manganītā un piroluzītā. Rodohrozīts veido pseidomorfozes ar kalcītu, dolomītu, galenītu un barītu.

Izmantošana. Rodohrozīts ir mazsvarīga mangāna rūda. Labus kristālus augstu vērtē minerālu kolekcionāri.

Smitsonīts $Zn[CO_3]$ Nosaukts angļu mineraloga Džeimsa Smitsona (1754-1829) vārdā. Sinonīmi – cinka špats, kalamīns.

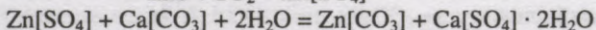
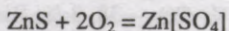
Ķīmiskais sastāvs. ZnO – 64,8 %; CO_3 – 35,2 %. Bieži satur Fe, Mn, Mg, retāk – Co, Cd un In piemaisījumus.

Agregāti un habituss. Smitsonītam raksturīgas notecējuma formas un nierveida agregāti, kā arī zemjaini un slēpti kristāliski sakopojumi. Kristāli sastopami ļoti reti, tiem ir romboedrīks, retāk – skalenoedrīks apveids (sk. 182.att. b un c).

Fizikālās īpašības. Blīvums 4,1-4,5 (g/cm^3); cietība – 5 (pēc Moosa); skaldnība – tikai kristāliskiem agregātiem; krāsa – balta ar zaļganu, brūnganu vai pelēcīgu nokrāsu; spīdums – stiklains līdz perlamutra.

Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammā: 3,55; 2,75; 1,707. Skābēs šķīst viegli, ar šņākšanu.

Veidošanās un sastopamība. Smitsonīts veidojas cinka rūdas atradņu oksidācijas zonā no sfalerīta:



Ievērojams daudzums smitsonīta atrodams Dienvidkazahstānā, Austrumu Aizbaikālā, ASV Kolorado štatā.

Izmantošana. Ievērojamus smitsonīta sakopojumus izmanto kā cinka rūdu.

Aragonīts $Ca[CO_3]$ Nosaukumu ieguvis no Aragonijas Spānijā, kur pirmo reizi atrasts.

Ķīmiskais sastāvs. CaO – 56,0 %; CO_3 – 44,0 %. Bieži satur Sr (līdz 5,6 %), Pb (līdz 15 %) un Zn piemaisījumus.

Agregāti un habituss. Aragonīts veido bumbiņveidīgus, oolītu, zarveida, radiāli starainus agregātus, kā arī dažādas notecējuma formas (sk. 183.att.). Kristāliem var būt prizmatisks, kā arī izstiepts – šķēpveida apveids (sk. 184.att.). Biežāk sastopami aragonīta dvīņi. Aragonītam raksturīgi arī caurauguma triņķi, kuru galvenās formas ir prizma un pinakoīds.

Fizikālās īpašības. Blīvums 2,9-3,0 (g/cm^3); cietība 3,5-4 (pēc Moosa); krāsa – balta, dzeltenī balta, reizēm – gaiši zaļa, violeta vai pelēka; skaldnības nav; spīdums – stiklains, lūzumā – taukains.

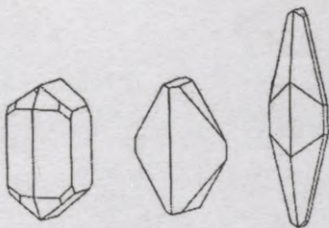


a



b

183.attēls.
Aragonīta: a -
radiāli starains
agregāts; b -
kristāli.



184.attēls. Minerāla aragonīta kristālu habituss.

Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammā (Å): 3,39; 1,97; 1,738. Skābēs šķīst ar strauju ogļskābes izdalīšanos.

Veidošanās un sastopamība. Aragonīts veidojas no karstiem un aukstiem ūdens šķīdumiem un sastopams izlijuma iežu tukšumos un minerālūdeņu nogulsnēs Karlovi Varos Čehijā. Aragonīts var asociēties ar ģipsi, celestīnu, siderītu, malahītu un dažādiem sulfīdiem. Aragonīts atrodas arī ģipša un sēra nogulumos Džirdženti Sicīlijā. Aragonīts sastopams Urālos, Altajā, Ukrainā.

Izmantošana. Aragonītu varētu izmantot līdzīgi kā kalcītu, bet tā kā aragonītam nav lielu atradņu, tam ir maza rūpnieciska nozīme.

Viterīts $Ba[CO_3]$ Nosaukts angļu fiziķa un mineraloga Vilhelma Viteringa (1741-1799) vārdā, kas pirmais pievērsa uzmanību šim minerālam.

Ķīmiskais sastāvs. BaO – 77,7 %; CO_3 – 22,3 %.

Agregāti un habituss. Viterīts sastopams bumbiņveida, nierveida, blīvos, kā arī dzīslainos, šķiedrainos, lapveida agregātos. Viterīta kristāli parasti ir dubultoti un tiem ir pseidoheksagonālas bipiramīdas forma.

Fizikālās īpašības. Blīvums 4,29-4,32 (g/cm^3); cietība 3-3,5 (pēc Moosa); skaldnība – vāja; bezkrāsains, balts, gaiši pelēks vai dzeltenīgi brūns; spīdums – stiklains.

Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammā (Å): 3,72; 2,63; 2,14. Šķīst ar šņākšanu atšķaidītās HNO_3 un HCl.

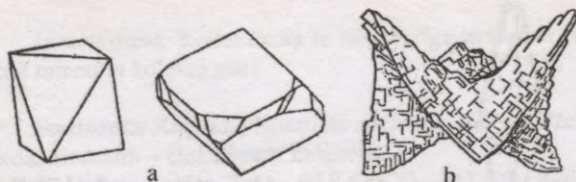
Veidošanās un sastopamība. Viterīts ir rets minerāls. Veidojas hidrotermālā ceļā dzīslās kopā ar barītu un dažādiem sulfīdiem, kā arī, veidojas eksogēnos procesos kā otreizējs minerāls pēc barīta. Viterīts atrodas rūdu dzīslās Buftonā, Olstonā-Mūrā Lielbritānijā, kur atrodas asociācijā ar barītu, kalcītu un galenītu, kā arī Turkmēnistānā u.c.

Izmantošana. Viterītu izmanto kā rūdu minerālu, lai iegūtu bāriju, kuram ir plašs rūpniecisks pielietojums. Ekonomiskā ziņā viterīta atradņu ir daudz mazāk kā barīta atradņu, tāpēc barītu izmanto biežāk bārija iegūšanai.

Dolomīts $CaMg[CO_3]$ Nosaukts Francijas mineraloga un ģeologa Deodat de Dolomieu (1750-1801) vārdā.

Ķīmiskais sastāvs: CaO – 30,4 %; MgO – 21,7 %; CO_2 – 47,9 % vai arī $CaCO_3$ – 54,3 %; $MgCO_3$ – 45,7 %.

Agregāti un habituss. Dolomīts veido kristāliski-graudainas blīvas masas, kurās bieži sastopamas poras. Starp dolomīta kristāliem sastopami tādi, kuriem piemīt romboedra apevids. Dolomīta kristāla skaldnes bieži ir izliektas, dažreiz sedlveidīgi izstieptas (sk. 185.att.).



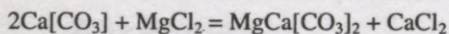
185.attēls. Minerāla dolomīta: a – kristāli; b – sedlveidīgs kristāls.

Fizikālās īpašības. Blīvums 2,8-2,9 (g/cm³); cietība 3,5-4 (pēc Moosa); skaldnība – laba; krāsa - pelēki balta, dažreiz ar dzeltenīgu, brūnganu vai zaļganu nokrāsu; spīdums – stiklains.

Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammā (Å): 2,88; 2,19; 1,785. Sāļsskābē šķīst lēni, bez šņākšanas.

Veidošanāsun sastopamība. Dolomīts ir eksogēns minerāls, kas galvenokārt veidojies kaļķakmens (kalcīta) un magnija sāļu šķīdumu iedarbības rezultātā, kā arī tieši izgulsnējoties no karstiem šķīdumiem rūdu dziļslās.

Dolomīta veidošanos no kaļķakmens (kalcīta) var notikt sekojošas reakcijas rezultātā:



Ar dolomītu kopā parasti var atrasties siderīts, rodohrozīts, serpentīns, talks un brusīts. Zināmas dolomīta atradnes Alpos, Urālu rietumu nogāzē un Ukrainā.

Izmantošana. Dolomītu izmanto kā ugunturīgu materiālu, kā kusni metalurģijā, dolomīta kaļķu, dolomīta miltu un dažādu minerālpulveru ieguvei, kā arī kā dekoratīvo būvakmeni. Latvijas dolomīti galvenokārt tiek izmantoti kā šķembu ražošanas izejviela un tāpēc to kvalitāti lielā mērā raksturo iežu fizikāli mehāniskās īpašības. Aiviekstes, Kranciema, Kalnciema, Dārziema, Pērtnieku un Degļevas atradnēs ir atsevišķi dolomītu slāņi, no kuriem, izmantojot tos selektīvi, var iegūt augstas izturības šķembas. No šo atradņu dolomītiem praktiski iegūst šķembas, kas atbilst 600. vai 400. markai.

Malahīts Cu₂(OH)₂[CO₃] Nosaukums cēlies no grieķu valodas vārda „malahe” – malva, kuras lapu krāsa līdzīga malahīta krāsai.



Ķīmiskais sastāvs.
CuO – 71,9 %; CO₂ – 19,9 %; H₂O – 8,2 %.
Var saturēt Ca un Fe piemaisījumus.

186.attēls. Slīpēti malahīta notecējuma agregāti.

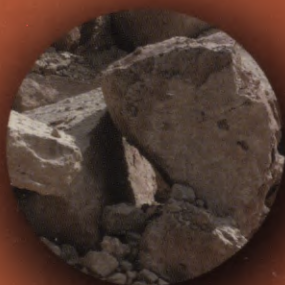


PROFESIONĀLS

dolomīta ieguve un pārstrāde

PIEDĀVĀJUMS

profesionāļiem

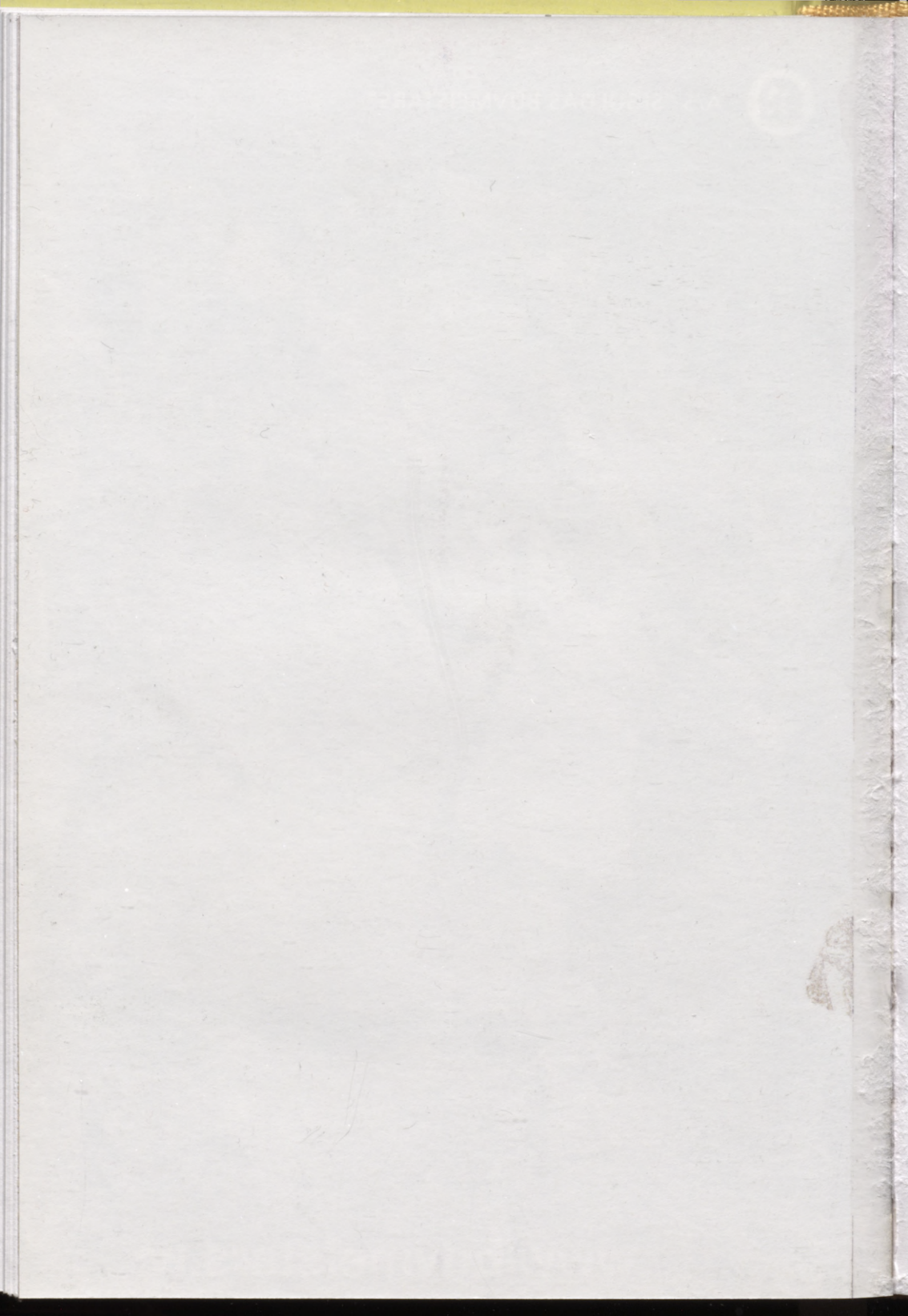


Saulkalne S



A/S "SIGULDAS BŪVMEISTARS"

www.buvmeistars.lv



Agregāti un habituss. Malahīts visbiežāk sastopams blīvu, sīkraudainu sakopojumu veidā, kas aizpilda plaisas un tukšumus. Reizēm veido stalaktītus, garozas un uzsūbējumus. Malahītam īpaši raksturīgi notecējuma nierveidīgi agregāti, kam dots zaļās stikla galvas nosaukums (sk. 186.att.). Šajos agregātos var novērot dažādu krāsu joslu maiņu, no spilgti zaļām līdz pat bezkrāsainām. Bieži var novērot malahīta staraini dzīslainus agregātus. Malahīta kristāli sastopami reti, to apveids ir prizmatisks, adatveida, šķiedrains.

Fizikālās īpašības. Blīvums 3,9-4,1 (g/cm³); cietība 4 (pēc Moosa); skaldnība – vidēja; krāsa – mainās no spilgti zaļas līdz gandrīz baltai; spīdums – stiklains līdz dimanta.

Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammā (Å): 3,63; 2,82; 1,509. Sālsskābē šķīst ar šņākšanu.

Veidošanās un sastopamība. Malahīts veidojas vara atradņu augšējos slāņos, oksidējoties primāriem varu saturošiem minerāliem. Bieži veido pseidomorfozes pēc tīrradņu vara, kuprīta, cerusīta un azurīta. Pasaules slavu ieguvuši Urālu malahīti. Tika atklātas arī malahīta atradnes Āfrikā Zairā, Dienvidaustrālijā un ASV.

Izmantošana. Tā kā malahīta ir līdz 72 % vara oksīda, tad to izmanto kā vara rūdu. Malahīts ir vērtīgs apdares akmens, kā arī to izmanto krāsas iegūšanai.

2.10. Sulfāti

Pie sulfātiem pieskaita minerālus, kas uzskatāmi par sērskābes sāļiem un pie tiem pieder ap 150 minerālu. Daži no šiem minerāliem satur papildu anjonus, tādus kā [PO₄], [AsO₄], [CO₃] u.c. Kā galvenie katjoni minami Fe³⁺, Na, K, Al, Ca, Pb, Mn un Zn. Sulfātu struktūras pamatvienība ir anjona grupa [SO₄]²⁻, kurā sešvērtīgais sērs ir tetraedriskā skābekļa koordinācijā. Šīs tetraedriskās sēra-skābekļa grupas vienotā struktūrā sasaista katjoni, papildu anjoni vai ūdens molekulas, izveidojot saliņu, ķēdīšu vai kārtainās struktūras tipus. Katjonu koordinācijas skaitļi, attiecībā pret skābekli, ir 6, 8 vai 12.

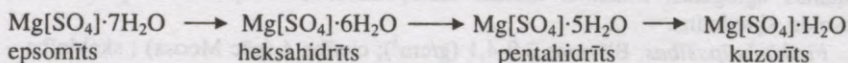
Sulfāti kristalizējas galvenokārt zemākās singonijās, piemēram, monoklīnā singonijā – 50 minerālu, rombiskajā – 30. Sulfāti sastopami labi izveidotu kristalogrāfisku formu veidā, šķiedrainu, starainu vai graudainu agregātu veidā. Kristālu apveids parasti ir izometrisks, izņēmums ir kristāli, kuros ietilpst H₂O molekulas. Lielākā daļa sulfātu ir bezkrāsaini. Dzeltena vai zaļa nokrāsa ir tikai sulfātiem, kuru sastāvā ietilpst Fe³⁺, Fe²⁺ un Cu²⁺ joni. Pastāv sakarība starp sulfātu ķīmisko sastāvu, struktūru un īpašībām. Palielinoties sulfātu blīvumam (sākot no Al, Mg, K, Na un beidzot ar Fe un Cu sulfātiem), palielinās gaismas laušanas koeficients un cietība. Gaismas laušanas koeficients mainās robežās no 1,40 (mirabilitam Na₂[SO₄]·10H₂O) līdz 2,00 (lanarkītam Pb₂O[SO₄]). Blīvums mainās no 1,49 (mirabilitam) līdz 6,92 (lanarkītam). Cietība sulfātiem parasti nepārsniedz 3. Vislielākā cietība ir minerālam natrohalcītam NaCu₂(OH)[SO₄]₂·H₂O (augstāk par 3). Vismazākā ir pikkeringītam MgAl₂[SO₄]·22H₂O (1,5).

Pēc savas izcelsmes sulfāti galvenokārt ir eksogēni veidojumi. Tie veidojas dažādos ūdens baseinos, pa lielākai daļai jūras līčos, tāpat arī sadēdēšanas zonā pie paaugstinātas skābekļa koncentrācijas. Pazīstami arī hidrotermālas izcelsmes bezūdens sulfāti, kā Ba, Ca, Sr un Pb, kas izveidojušies tuvu Zemes virsmai, kur ir

paaugstināta skābekļa koncentrācija. Novērojama noteikta secība sulfātu kristalizācijai ūdens tilpnēs (no augšas uz leju):

K, Mg-Mg, Na-Ca, Mg, K, Na-Ca

Metamorfisma procesā ar ūdeni bagātie sulfāti pārvēršas par sulfātiem ar mazāku ūdens saturu vai bezūdens sulfātiem pēc šādas shēmas:



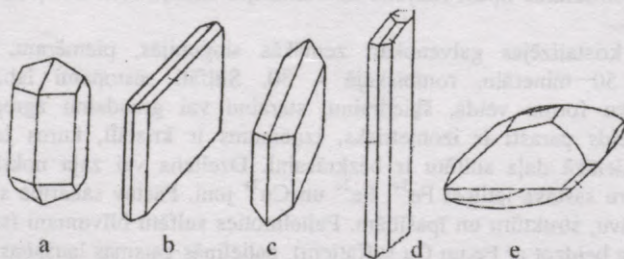
Daudziem sulfātiem ir ievērojama praktiska nozīme galvenokārt ķīmiskajā un būvmateriālu rūpniecībā. Atkarībā no kristālu struktūras, izšķir trīs sulfātu apakšklasēs: 1) saliņu; 2) ķēdīšu; 3) kārtainos.

Ģipsis $\text{Ca}[\text{SO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ Nosaukums cēlies no sena šī minerāla nosaukuma grieķu valodā „gypsum”, kas tulkojumā nozīmē - apmetums. Šo seno nosaukumu attiecināja gan uz minerālu ģipsi, gan atūdeņoto ģipsi, gan kaļķiem u.c. līdzīgiem materiāliem.

Ķīmiskais sastāvs. CaO – 32,5 %; SO₃ – 46,6 %; H₂O – 20,9 %.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā Z = 4. Monoklīns. Simetrija L₂PC. Divas anjonu [SO₄]²⁻ grupu kārtas savstarpēji cieši saistītas ar kalcija jona starpniecību un veido ģipša kristāla struktūrā dubulto kārtu. H₂O molekulas novietojušās starp šīm dubultām kārtām. Kalcija jona koordinācija, attiecībā pret skābekli, ir 6. Kalcija jons savai koordinācijai izmanto skābekļa jonus no divām [SO₄] grupām un divām H₂O molekulām. Ģipša skaldnība notiek pa plakni, kas atrodas starp divām H₂O molekulu kārtām.

Agregāti un habituss. Ģipsis veido marmorveidīgus vai šķiedrainus agregātus, kā arī dažos gadījumos - monokristālus un drūzas. Ģipša monokristālu apveids ir plākšņains, prizmatisks vai adatains (sk. 187.att.).

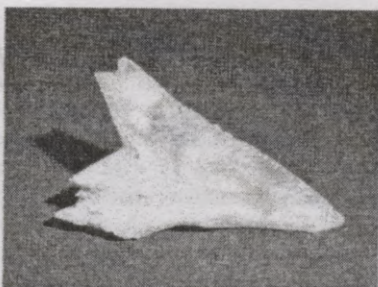


187.attēls. Minerāla ģipša kristālu habituss: a – prizmatisks; b – plākšņains; c – tabletveida; d – adatveida; e – izometriska.

Ģipsis bieži sastopams diviņu kristālu veidā. Izplatīts ir ģipša dvīnis, kuram piemīt bezdelīgas astes izskats (sk. 188.att.). Izšķir šādus kristāliskā ģipša paveidus: šķiedraino, kārtaino, graudaino, rozetģipsi. Šķiedraino, puscaurspīdīgo paveidu mēdz saukt par selenītu, smalkgraudaino – par alebastru.



a



b

188. attēls. Ģipša: a - prizmatiski kristāli; b - dvīņu kristāls – bezdelīgas aste.

Fizikālās īpašības. Blīvums $2,3 \text{ (g/cm}^3\text{)}$; cietība $1,5 - 2$ (pēc Moosa); skaldnība – ļoti laba; krāsa – balta, atsevišķi kristāli dažreiz ir bezkrāsaini, caurspīdīgi, piemaisījumi ģipsim piedod dažādas krāsas – pelēku, dzeltenu, oranžu, brūnu, melnu; spīdums - stiklains, uz skaldnības plāksnēm novērojams perlamutra atspulgs.

Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammā (Å): $3,07; 2,08; 1,89$. Ļoti laba skaldnība un maza cietība (var ieskrāpēt ar nagu). Šķiedras nav elastīgas, viegli lūzt. Vislabākā šķīdība ūdenī $37-38 \text{ }^\circ\text{C}$ temperatūrā. Temperatūrās virs $107 \text{ }^\circ\text{C}$ ģipša šķīdība samazinās. Uz ģipša karsēšanas līknēm novērojami trīs termiskie efekti:

- 1) $80-90 \text{ }^\circ\text{C}$ temperatūrā, kad izdalās daļa H_2O ;
- 2) $140 \text{ }^\circ\text{C}$ temperatūrā, kad ģipsis pārveidojas par pushidrātu;
- 3) $140-220 \text{ }^\circ\text{C}$ temperatūrā, kad notiek pilnīga H_2O izdalīšanās.

Veidošanās. Ģipsis veidojies (izkristalizējies) relatīvi seklos jūras līču (lagūnu) ūdeņos, ūdenim iztvaikojot. Tātad, ģipsis ir tipisks eksogēns ķīmiskā noguluma veidojums. Ģipsis veidojas temperatūrās, kas zemākas par $63 \text{ }^\circ\text{C}$. Augstākās temperatūrās veidojas anhidrīts (CaSO_4). Ģipsis veidojas arī no anhidrīta, tam hidratējoties.

Izmantošana. Ģipsi izmanto ģipša javu saistvielu ražošanai un kā apdares materiālu būvniecībā. Selenītu izmanto arī lietišķās mākslas izstrādājumu izgatavošanai.

Anhidrīts $\text{Ca}[\text{SO}_4]$ Nosaukumu ieguvis no grieķu valodas, kas nozīmē - bez ūdens.

Ķīmiskais sastāvs. $\text{CaO} - 41,19 \%$; $\text{SO}_3 - 58,81 \%$. Kā piemaisījumus lielākā daļa anhidrītu satur Sr un Ba.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 4$. Rombisks. Simetrija $3L_23PC$.

Agregāti un habituss. Kristālu veidā sastopams reti. Parasti veido masīvus, sīkgraudainus, šķiedrainus radiāli starainus agregātus.

Fizikālās īpašības. Blīvums - $2,98 \text{ (g/cm}^3\text{)}$; cietība - $3,5$ (pēc Moosa); skaldnība – laba; bezkrāsains, balts līdz gaiši zilam vai rozīgam; spīdums – stiklains līdz perlamutra.

Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammā (Å): 3,49; 2,85; 1,64. Šķīst karstā HCl bez burbulīšu izdalīšanās.

Veidošanās un sastopamība. Anhidrīts veidojas un izgulsnējas jūras ūdens baseinos. Ja jūras ūdens šķīdums ir piesātināts tikai ar kalcija sulfātu, tad anhidrīts izveidojas 63,5 °C temperatūrā. Ja šķīdums satur arī nātrija un magnija hlorīdus, tad anhidrīts izveidojas 25 – 35 °C temperatūrā. Zemākā temperatūrā no kalcija sulfātu saturošiem šķīdumiem kristalizējas ģipsis. Dažos gadījumos anhidrīts izveidojas vai nu metamorfisma procesā, dehidratējoties ģipsim, vai arī hidrotermālā procesā rūdu minerālus saturošās dzīslās. Nātrija hlorīdu slāņus nesaturošos nogulumos var izveidoties apjomīgi anhidrīta sakopojumi. Šajā gadījumā tas vienmēr asociējas ar ģipsi, kas pakāpeniski izveidojas anhidrīta hidratācijas rezultātā. Anhidrīta atradnes ir samērā izplatītas. Tās atrodas ASV, Pirenejos, Vācijā, Polijā, Krievijā, Ukrainā, Pakistānā u.c.

Izmantošana. Anhidrītu izmanto anhidrītcementa ieguvei, kā piedevu sēra un sērskābes ieguvē. Blīvu smalkkristālisko anhidrītu izmanto kā apdares materiālu.

Celestīns Sr[SO₄] Nosaukumu ieguvis savas gaišzilās krāsas dēļ, tulkojumā no latīņu valodas „celestis” nozīmē – debesu.

Ķīmiskais sastāvs. SrO – 56,42 %; SO₃ – 43,58 %. Var saturēt Ba.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā Z = 4. Rombisks. Simetrija 3L₂3PC.

Agregāti un habituss. Parasti celestīns ir kristālu veidā, kas var būt tabletteida, kā arī izstiepti.

Fizikālās īpašības. Blīvums - 3,97 (g/cm³); cietība 3-3,5 (pēc Moosa); skaldnība – laba; krāsa – bezkrāsa līdz bāli zilai, baltai, pelēcīgai; spīdums – stiklains.

Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammā (Å): 2,04; 1,999; 1,595. Šķīst lielākajā daļā koncentrētu skābju.

Veidošanās un sastopamība. Celestīns galvenokārt veidojas eksogēnos procesos un tas sastopams noguluma iežos, tādos kā ģipšakmens, kalņakmens, dolomīts. Celestīns asociējas ar sēru, aragonītu, ģipsi. Šajos iežos tas veido minerālu sakopojumus, ligzdas, kunkuļus, vai arī sastopams atsevišķu kristālu veidā. Celestīns veidojas metasomatozes procesā no ģipša, stroncija karbonāta šķīduma vai daļēji no stroncija sulfātu saturošiem karstiem šķīdumiem. Ievērojamas celestīna atradnes ir Lielbritānijā, Vācijā, Krievijā un ASV.

Sairšana. Sadēdēšanas procesos celestīns pārvēršas stroncija karbonātā – stroncianītā.

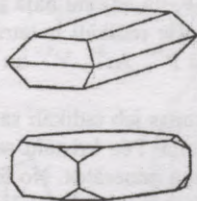
Izmantošana. Celestīnu izmanto ķīmiskajā un farmācijas rūpniecībā, pirotehnikā, kā arī dažu speciālu metālu sakausesījumu ieguvei.

Barīts Ba[SO₄] Nosaukumu ieguvis no grieķu valodas, kas nozīmē – smagais, saskaņā ar tā samērā lielo blīvumu.

Ķīmiskais sastāvs. BaO – 65,70 %; SO₃ – 34,30 %.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā Z = 4. Rombisks. Simetrija 3L₂3PC.

Agregāti un habituss. Parasti barīts sastopams kristālu veidā, kuri var būt tabletveida, prizmatiski vai izstiepti (sk. 189.att.). Sastopams arī drūzās, kā arī graudainos un šķautņainos agregātos (190.att.).



Fizikālās īpašības. Blīvums - 4,5 (g/cm³); cietība 3-3,5 (pēc Moosa); skaldnība - laba; krāsa - bezkrāsas līdz baltai, dzeltena, brūna, sarkanīga, zaļgana vai gaiši zila; spīdums - stiklains.

189. attēls. Minerāla barīta kristālu habituss.



Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammā (Å): 3,46; 3,06; 2,106. Skābēs nešķīst.

190.attēls. Barīta kristālu agregāts.

Veidošanās un sastopamība. Barīts galvenokārt veidojas hidrotermālā procesā. Tas veido dzīslas krāsaino metālu rūdu atradnēs. Ir zināmas arī barīta eksogēnas izcelsmes atradnes. Hidrotermālas izcelsmes barīts mēdz asociēties ar galenītu, sfalerītu, cinobru, pirītu, halkopirītu, kvarcu, fluorītu, viterītu, tūrradņiem - zeltu, sudrabu un varu. Nozīmīgas barīta atradnes ir Vācijā, Lielbritānijā, Gruzijā, ASV, Kanādā u.c.

Izmantošana. Barīts ir galvenais minerāls, ko izmanto bārija ieguvei. Barītam ir daudzpusīga rūpnieciska izmantošana tā augstā blīvuma dēļ. Barītu izmanto vairākumā gadījumos naftas un gāzes atradņu urbšanas darbos kā urbšanu veicinošu komponentu. Barītam un citiem savienojumiem, kas iegūti no barīta, ir ap 2000 rūpnieciskās izmantošanas veidu (piem., stikla un keramikas, papīra, krāsu rūpniecībā, medicīnā u.c.).

2.11. Fosfāti un to analogi

Fosfāti un to analogi aptver ap 700 minerālu, kas uzskatāmi par fosforskābes, vanādijskābes un arsēnskābes sāļiem. Lielākā daļa no šiem minerāliem sastopami reti. Zemes garozā fosfātiem un to analogiem pēc masas ir neliela nozīme. Fosfāti ir galvenokārt Fe, Al, Ca, Mn, U un Na sāļi. Arsenāti un vanadāti ir Ca, Cu, U, Al, Pb un Mn sāļi.

Šajā klasē ir pazīstami minerāli kā ar vienkāršu, tā arī sarežģītu ķīmisko sastāvu. No fosfātiem apmēram puse ir ar vienkāršu sastāvu un puse ar sarežģītu sastāvu. Vanadāti un arsenāti galvenokārt ir ar vienkāršu sastāvu. Plaši izplatīti minerāli, kas

satur H_2O un papildu anjonus, tādus kā OH , F un Cl . H_2O daudzos minerālos ir ar ceolītu raksturu.

Izomorfisma parādība fosfātu klases minerālos nav raksturīga, tā novērojama tikai dažos minerālos. Pilnīgais izomorfisms katjonu daļā novērojams tikai šādos elementu pāros $Mn-Fe$, $Mg-Mn$, $Mn^{2+}-Fe^{2+}$, $Al-Fe^{3+}$, $OH-F$, un anjonu daļā starp $P^{5+}-V^{5+}-As^{5+}$. Fosfātu, arsenātu un vanadātu struktūru veidojošie radikāli ir tetraedriskās $[PO_4]^{3-}$, $[AsO_4]^{3-}$ un $[VO_4]^{3-}$ grupas, kuru centrā ir katjoni P^{5+} , As^{5+} , V^{5+} un ap tiem, pēc tetraedra principa, izveidojušies četri skābekļa joni.

Fosforskābekļa, arsēnskābekļa un vanādijskābekļa grupas jeb radikāli savā starpā saistīti ar katjoniem, kuri parasti ir oktaedriskā koordinācijā. Pēc kristālu struktūras, fosfāti un to analogi iedalāmi saliņu, ķēdīšu un kārtainā tipa minerālos. No fosfātu un arsenātu minerāliem gandrīz divas trešdaļas ir saliņu tipa minerāli. Otrā vietā ir kārtainie minerāli. Savukārt, vanadāti visvairāk veido ķēdīšu un saliņu tipa struktūras, bet kārtainiem vanadātiem ir pakārtota nozīme Fosfātu minerāli galvenokārt kristalizējas zemākās singonijās – rombiskā un monoklīnā.

Minerālu apveids var būt dažāds – no gariem prizmatiskiem un adataniem kristāliem līdz plākšņveidīgiem un zvīņveidīgiem kristāliem. Novērojama fosfātu tendence veidot izometriskus kristālus, tāpēc agregāti visbiežāk ir ar graudainu struktūru. Novērojami arī šķiedraini, starveidīgi un zvīņveidīgi agregāti, starp eksogēniem veidojumiem – zemaini un kunkuļveida.

Cietība mainās robežās no 1 līdz 6,5. Blīvums no 1,7 līdz 7,24. Gaismas laušanas koeficients no 1,50 līdz 1,64, dubultlaušana no 0,001 līdz 0,23. Minerāli, kuri satur Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} un Co^{2+} , ir ar sarkanu, zaļu, dzeltenīgi zaļganu vai oranžu nokrāsu. Minerāli, kas satur Pb^{2+} un U , ir dzeltenā, oranžā vai zaļā krāsā. Cu saturošie minerāli ir zaļā vai zilā krāsā.

Pēc izcelsmes fosfāti, arsenāti un vanadāti galvenokārt ir eksogēni veidojumi. Retāk ir kā endogēnie veidojumi pegmatītos un hidrotermālās atradnēs. Vēl retāk šie minerāli sastopami magmatiskos iežos kā aksesorie minerāli. Tomēr dažos gadījumos magmatiskos iežos fosfāti var izveidot ievērojamus sakopojumus.

Apatīts ietver mainīga sastāva minerālu rindu $Ca_5(OH,F,Cl)[PO_4]_3$, kurā galējie minerāli ir hidroksilapatīts $Ca_5(OH)[PO_4]_3$, fluorapatīts $Ca_5F[PO_4]_3$ un hlorapatīts $Ca_5Cl[PO_4]_3$. Nosaukumu ieguvis no grieķu vārda „apatao” – mānos (agrāk to jauca ar līdzīga habitusa minerāliem, tādiem kā berils, turmalīns u.c.). Hidroksilgrupa un fluors apatītā var aizvietoties ar hloru, veidojot hlorapatītu $Ca_5Cl[PO_4]_3$. $[PO_4]$ radikāls var aizvietoties ar $[AsO_4]$, $[SO_4]$, $[SiO_4]$ grupām, kā arī ar plakanajām $[CO_3]$ grupām, veidojot karbonātapatītu (pazīstams ar vietējiem nosaukumiem – dalīts, podolīts, frankolīts, štafelīts, kuskīts, grodnolīts u.c.).

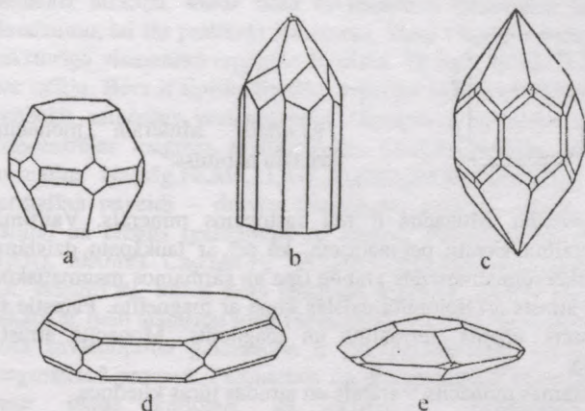
Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 2$. Heksagonāls. Simetrija L_6PC .

Agregāti un habituss. Apatīts sastopams kristālisku agregātu, drūzu, kā arī atsevišķu prizmatiska habitusa kristālu veidā. Iežus veidojošiem apatītiem raksturīgi adatveida kristāli, retāk novēroti īsi stabveida un tabletveida kristāli (sk. 191.att.).

Atsevišķi apatīta kristāli sasniedz metra garumu un sver 160 kg (agrēns no tādiem kristāliem atrodas Ļvovas universitātes Mineraloģijas muzejā). Plaši izplatīti ir graudaini, blīvi, sīkkristāliski, reizēm šķērsdzīsloti un zemjaini apatīta veidojumi.

Apatīta sakopojumus noguluma iežos sauc par fosforītiem. Var atrast arī orientētus apatīta saaugumus ar rutilu un monacītu, kā arī zonālus kristālus ar dažāda ķīmiskā sastāva zonām.

Fizikālās īpašības. Blīvums 3,17-3,22 (g/cm³); cietība 5-6 (pēc Moosa); skaldnība – vāja; krāsa – zilgana, zaļgana, violeta, bezkrāsas; spīdums – stiklains.



191.attēls. Minerāla apatīta kristālu habituss: a – izometriskis; b, c – izstiepts; d, e – saplats.

Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammā (Å): 2,79; 2,70; 1,838 (fluorapatītam); 2,76; 1,95; 1,84 (hlorapatītam). Šķīst skābēs.

Veidošanās un sastopamība. Rūpnieciskas nozīmes apatīts galvenokārt veidojas magmatiskā procesā un tas ir koncentrējies sienītos un sārmainos magmatiskos iežos. Magmatiskas izcelsmes apatīta atradnes ir Zviedrijā, Urālos, kā arī pasaulē visbagātākā apatīta atradne – Kolas pussalā Hibīnu atradne. Zināms arī kontakta zonas apatīts, kas veidojas pneimatolītisko procesu ietekmē, kā arī dzīslās. Savukārt, fosforīti, kuros galvenais fosforu saturošais minerāls ir apatīts, veidojušies gan jūras baseinos, gan arī kontinentālos apstākļos. Fosforīts atrodams daudzos nogulumos no kembrija perioda līdz kvartāra periodam. Fosforītu veidošanās notiek arī mūsdienās. Jūras baseinos izveidojušos fosforītus iedala: primāros, sekundāros un fosforītos, kas veidojušies no dzīvo organismu paliekām. Primārie fosforīti izveidojušies ķīmisko reakciju rezultātā. Sekundārie fosforīti veidojas no primāriem, visbiežāk kunkulveida fosforītiem, to pārgulsnēšanās un uzkrāšanās rezultātā. Kontinentālie fosforīti veidojušies metasomatozes ceļā, t.i., ķīmisko reakciju rezultātā, kā arī no dzīvo organismu atliekām un guāno. Lielas fosforīta atradnes ir Alžīrijā, Marokā, Kazahstānā, Ukrainā u.c.

Izmantošana. Apatītu izmanto minerālmēslu – superfosfāta ieguvei, kā arī elementārā fosfora, fosforskābes u.c. fosfora savienojumu ieguvei.

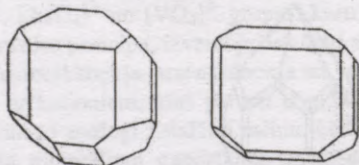
Monacīts (Ce,La)[PO₄] Nosaukums radies no grieķu valodas vārda „monadzein” – būt vienatnē (parasti sastopams atsevišķu kristālu veidā).

Ķīmiskais sastāvs. Ce₂O₃ 21,08-32,29 %; La₂O₃ 27,90-41,83 %; P₂O₅ 24,90-29,70 %. Var saturēt Th (līdz 32 %), Si (līdz 6,1 %), U (līdz 6,6 %), Ca (līdz 6 %), S (līdz 3 %), nelielos daudzumos arī Mg, Mn, Pb, Fe²⁺, Al.

Habituss. Monacītam raksturīgi atsevišķi kristāli ar tabletveida habitusu (sk. 192.att.). Atsevišķu kristālu masa var sasniegt vairākus kilogramus.

Fizikālās īpašības. Blīvums 4,9-5,5 (g/cm^3); cietība 5-5,5 (pēc Moosa); skaldnība – laba vienā plaknē; krāsa – dzeltenī brūna; spīdums – stiklains.

Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammā (Å): 3,12; 2,88; 2,15. Sāļsskābē šķīst ar grūtībām, izdalot baltas nogulsnes.



192.attēls. Minerāla monacīta kristālu habituss.

Veidošanās un sastopamība. Monacīts ir reti sastopams minerāls. Vairumā gadījumu tas saistīts ar nefelīnu sienītu pegmatītiem, kā arī ar laukšpatu dzīslām. Monacīts sastopams arī kā aksesoriāls minerāls granīta tipa un sārmainos magmatiskos iežos un gneisos. Monacīts atrasts arī dolomīta dzīslās kopā ar magnetītu. Parastie šī minerāla pavadoņi ir cirkons, apatīts, turmalīns un magnetīts. Monacīts atrasts Brazīlijā, Indijā, Madagasārā.

Sairšana. Uz Zemes virsmas monacīts ir stabils un atrodas jūras kļiedņos.

Izmantošana. Monacītu izmanto kā cērija un torija rūdu.

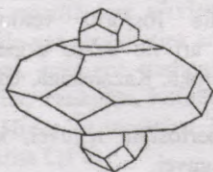
Ksenotīms $\text{Y}[\text{PO}_4]$ Nosaukums radies no grieķu valodas „ksenos” – svešs un „time” – daļa, jo trijs tajā tika kļūdaini uzskatīts par jaunu elementu.

Ķīmiskais sastāvs. Y_2O_3 – 61,40 %; P_2O_5 – 38,60 %. Satur Th, Zr, Ce, U piemaisījumus.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 4$. Tetragonāls. Simetrija L_44L_25PC .

Habituss. Parasti novērots atsevišķu kristālu veidā, reizēm – kā radiāli saaugumi. Kristāli ir īsi un gari prizmatiski. Bieži novēroti saaugumi ar cirkonu (sk. 193.att.).

Fizikālās īpašības. Blīvums – 4,25 (g/cm^3); cietība 5-6 (pēc Moosa); skaldnība – laba vienā plaknē; krāsa – dzeltena, sarkana, brūna, reizēm – zaļgana; svītras krāsa – brūna; spīdums – stiklains; bieži radioaktīvs.



Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammā (Å): 3,34; 1,75; 1,422. Skābēs nešķīst.

193.attēls. Minerāla ksenotīma saaugums ar cirkonu.

Veidošanās un sastopamība. Ksenotīms ir skābo un sārmaino iežu, kā arī ar tiem saistīto pegmatītu aksesoriāls minerāls.

Izmantošana. Ksenotīmu izmanto itrija iegūšanai.

2.12. Borāti

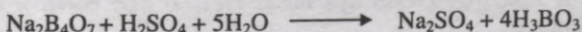
Bors Zemes garozā pēc atomu klarka ($7 \cdot 10^{-3} \%$) ieņem 22.vietu, pēc masas klarka ($5 \cdot 10^{-3} \%$) – 27.vietu. Tātad, bors nav sevišķi rets elements. Daudzi citi, samērā plašu pielietojumu atraduši elementi (Pb, Cd, Sb, Hg, As, Br, F u.c.) pēc masas Zemes garozā ir mazāk nekā bors. Tomēr bors ir ārkārtīgi izkliedēts elements. Zināms nedaudz atradņu, kurās bora savienojumu (minerālu) koncentrācija sasniedz tādu daudzumu, lai tās praktiski izmantotu. Starp vieglajiem elementiem bors, litijs, berilijs raksturīga vismazākā izplatība litosfērā. Tā deficītu var izskaidrot ar bora pārvēršanos par hēliju. Bors ir tipisks litofils, daļēji arī biofils elements, kas parāda tieksmi veidot skābekli saturošus savienojumus. Hipogēnos apstākļos tas ievērojamos daudzumos koncentrējas magmas kristalizācijas pēdējās stadijās, veidojot tādus minerālus kā turmalīns $\text{Na}(\text{Mg,Fe,Mn,Li,Al})_3\text{Al}_6(\text{BO}_3)_3(\text{OH,F})_4[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ (10 % B_2O_3). Pazīstami turmalīna paveidi – dravīts (palielināts magnija saturs), šerlīts (palielināts dzelzs saturs) un elbaīts (palielināts Al saturs). Pazīstami tādi minerāli kā datolīts (20 % B_2O_3), aksinīts $\text{Ca}_2(\text{Mn,Fe}^{2+})\text{Al}_2(\text{BO}_3)(\text{OH})[\text{Si}_4\text{O}_{12}]$, djumortērīts $(\text{Al,Fe})_7\text{B}[\text{Si}_3\text{O}_{18}]$ u.c. borsilikāti, kuros bors izomorfi aizvieto silīciju. Šis izomorfisms ir ierobežots sakarā ar lielo atšķirību jonu rādiusus $\text{B} - 0,23 \text{ \AA}$, $\text{Si} - 0,42 \text{ \AA}$. Mazais jona rādiuss un bora savienojumu gaistāmība ir par pamatu tam, ka tie parasti neveidojas tiešā magmatiskā procesā. Pegmatītos un hidrotermālos veidojumos sastopami borāti, kuri satur tādus katjonus kā beriliju - hambergīts $\text{Be}_2\text{BO}_3(\text{OH})$, rodicīts $\text{KNaLi}_4\text{Al}_4\text{Be}_3\text{B}_{10}\text{O}_{27}$, alumīniju - jeremejevīts $\text{Al}_6\text{B}_5\text{O}_{15}(\text{OH})_3$, magniju - ašarīts $\text{Mg}_2(\text{OH})[\text{B}_2\text{O}_4(\text{OH})]$.

Sadēdot primāriem iežiem, atmosfēras (ūdens un ogļskābes) iedarbības rezultātā bors borskābes u.c. izveidojušos šķīstošo sāļu veidā nokļūst jūras (okeānu) ūdeņos, kur to koncentrācija sasniedz 0,2 g vienā kubikmetrā (1 m^3). Laika gaitā, izžūstot no okeāna atdalījušajiem jūrām, tajās izveidojas sekundārie bora minerālus saturošie ieži. Kā galvenie bora minerāli šajos iežos ir magniju, kalciju, nātriju, kāliju saturošie borāti. Nātrija borātu jeb boraku $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ iegūst no dažu Tibetas un Kalifornijas ezeru ūdeņiem. Tas satopams izšķīdušā veidā arī naftas u.c. dziļurbumu ūdeņos. Nātrija borāts ir pazīstams arī kā minerāls kernīts $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.

Ortoborskābe H_3BO_3 jeb $\text{B}(\text{OH})_3$ no Zemes dziļēm ar vulkāniskiem tvaikiem izdalās Toskānā Itālijā. Borskābe ir sastopama arī daudzu ezeru, kā arī pazemes ūdeņos, kas iegūti no dziļurbumiem. Karsējot ortoborskābe pakāpeniski zaudē ūdeni un pārvēršas par metaborskābi HBO_2 , tetraborskābi $\text{H}_2\text{B}_4\text{O}_7$ un, visbeidzot, par bora anhidrīdu B_2O_3 . Tetraborskābe ir ievērojami stiprāka nekā ortoborskābe, no kuras, to neitralizējot ar sārmu, iegūst tetraborskābes sāļus:



Iedarbojoties uz tetraborātiem ar stiprām skābēm, veidojas ortoborskābe:



No ūdens šķīdumiem, kristālisko savienojumu veidā, jau bez iepriekš minētajiem borātiem iegūti daudzi sintētiskie borāti (Vant-Hofa, A.Nikolajeva, A.Ķešāna, H.Godes u.c. darbi), kurus, ņemot vērā bora atomu skaita molekulā, var klasificēt sekojoši:

heksaborāti $\text{MeB}_6\text{O}_{10}\cdot\text{aq}$, kur Me – Mg, Ca, Sr, Ba, Mn, Co, Ni;

heksaborāti $\text{Me}_2\text{B}_6\text{O}_{11}\cdot\text{aq}$, kur Me – Ca, Mg, Zn;

tetraborāti $\text{Me}_2\text{B}_4\text{O}_7\cdot\text{aq}$, kur Me – Pb, Mn, Ag, Cd;

diborāti $\text{MeB}_2\text{O}_4\cdot\text{aq}$, kur Me – Mg, Ca, Sr, Ba, Ni.

Pazīstami arī dažādi kompleksie dubultsāļu tipa borāti (piem., $\text{Me}^+\text{OMe}^{2+}\text{O}\cdot 6\text{B}_2\text{O}_3\cdot\text{aq}$).

Borātu klase apvieno ap 150 minerālus – borskābju sāļus. No mineraloģijas viedokļa, kā svarīgākā jāatzīmē ortoborskābe H_3BO_3 , kura Zemes garozā pazīstama kā minerāls – sasolīns. Kā galvenie borātu katjoni minami Mg, Ca un Na. Ievērojami mazāka nozīme ir Fe, Mn, Sr u.c. Izplatītāko borātu ķīmiskais sastāvs dots 22.tabulā.

22.tabula

Izplatītāko borātu ķīmiskais sastāvs (%)

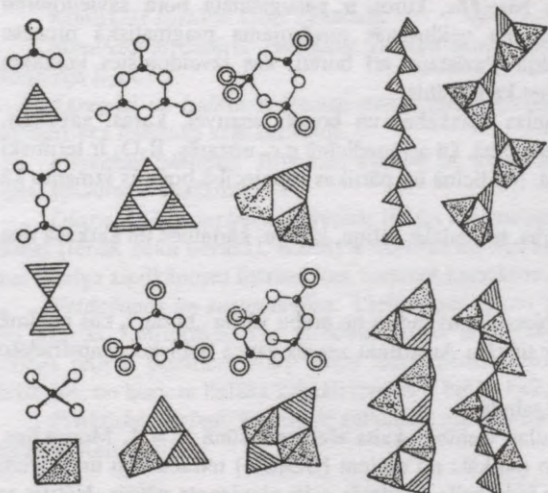
Minerālu nosaukums	Na_2O	B_2O_3	CaO	MgO	H_2O	MgCl_2	Fe_2O_3
Boracīts	-	61,26	-	26,39	-	12,14	-
Ludvigīts	-	17,83	-	41,29	-	-	40,88
Ašarīts	-	41,38	-	47,91	10,71	-	-
Boraks	16,2	36,6	-	-	47,2	-	-
Kernīts	22,66	51,02	-	-	26,32	-	-
Boronatro-kalcīts	7,7	43,0	13,8	-	35,5	-	-
Pandermīts	-	49,84	32,11	-	18,05	-	-
Hidroboracīts	-	49,5	13,9	9,9	26,7	-	-
Injoīts	-	36,6	20,4	-	43,0	-	-
Kolemanīts	-	50,81	27,28	-	21,91	-	-

No tabulas datiem redzams, ka liela daļa borātu ir samērā vienkārši savienojumi, kas galvenokārt satur tikai vienu no katjoniem, kā arī savienojumi, kuru sastāvā ietilpst ūdens. Borātos bora koordinācijas skaitlis vienlaicīgi var būt trīs un četri. H_2O atrodas attiecīgo struktūru kanālos un tam piemīt ceolītu raksturs. Borātu struktūrās pastāv plakanās trīsstūru anjonu $[\text{BO}_3]^{3-}$ un tetraedriskās $[\text{BO}_4]^{5-}$ grupas. Trīsstūru grupu gadījumā B^{3+} atrodas precīzi vienādmalu trīsstūra centrā. Tetraedrisko grupu gadījumā B^{3+} atrodas vai nu ideālo, vai gandrīz ideālo tetraedru centrā, vai arī tetraedros, kur viena tetraedra virsotne atrodas no bora jona B^{3+} nedaudz tālāk nekā pārējās trīs virsotnes (piem., boracīta $\text{Mg}_3\text{OCl}[\text{B}_3\text{B}_4\text{O}_{12}]$ gadījumā šie attālumi ir 1,78 un 1,39 Å).

Daļa skābekļa gan trīsstūros, gan tetraedros var tikt aizvietoti ar hidroksila grupām (OH), veidojot $[\text{B}(\text{O},\text{OH})_3]$ un $[\text{B}(\text{O},\text{OH})_4]$ radikālus. Trīsstūra joniem $[\text{BO}_3]$ kondensējoties, var veidoties ķēdītes ar $[\text{B}_2\text{O}_4]$, $[\text{B}_3\text{O}_4(\text{OH})_3]$ radikāliem vai gredzenveida kompleksi ar $[\text{B}_3\text{O}_6]$, $[\text{B}_3\text{O}_3(\text{OH})_3]$, u.c. radikāliem (sk. 194.att.). Visizplatītākie ir saliņu un ķēdīšu tipa borāti un tikai daži borāti ir ar karkasa un kārtainām struktūrām.

Borāti kristalizējas galvenokārt monoklīnā un rombiskā, retāk – triklīnā singonijā. Tikai dažos gadījumos kristalizējas trigonālā, heksagonālā vai kubiskā singonijā. Lielākai daļai borātu minerālu kristālu ir tableteveida vai izometriskas apveids. Šie kristāli parasti veido šķiedraini koncentriskus, radiālus un graudainus agregātus.

Retāk sastopami zemjaini un blīvi, masīvi agregāti. Daudzi borāti, pēc sava ārējā izskata, atgādina porcelānu. Daudziem borātiem ir laba skaldnība.



194.attēls. Galvenie borātu struktūru elementi.

Pēc fizikālajām īpašībām borāti ir tuvi viens otram. Tie ir caurspīdīgi, ar stiklainu spīdumu, mazu blīvumu: (1,7–3,0) H_2O vai OH saturošiem Na, Ca, Mg borātiem; (3,0–4,7) - bezūdens borātiem, it sevišķi tiem, kuri satur Fe un Mn.

Gaismas laušanas koeficients ir zems, tas mainās no 1,47 (H_2O saturošiem borātiem) līdz 1,67 (H_2O nesaturošiem borātiem).

23.tabula

Izplatītāko borātu fizikālās īpašības

Minerāla nosaukums	Minerāla formula	Blīvums, g/cm^3	Cietība (pēc Moosa)	Minerāla krāsa
Boracīts	$Mg_3B_7O_{13}Cl$	2,96	7	Bezkrāsas, balts, dzeltenīgs
Ludvigīts	$(Mg,Fe)_2Fe^{3+}(BO_3)_2O_2$	3,6	5	Melns
Ašarīts	$MgBO_2(OH)$	2,65	5-5,5	Bezkrāsas, balts
Boraks	$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$	1,7	2-3	Bezkrāsas, balts, pelēks
Kernīts	$Na_2[B_4O_5(OH)_4] \cdot 2H_2O$	1,93	2,5-3	Bezkrāsas, balts
Boronatrokalcīts	$NaCa[B_5O_7(OH)_4] \cdot 8H_2O$	1,96	3-3,5	Balts
Pandermites	$Ca_4B_{10}O_{19} \cdot 7H_2O$	2,44	3,5-4	Bezkrāsas, balts
Hidroboračīts	$CaMgB_6O_{11} \cdot 6H_2O$	2,17	3-3,5	Bezkrāsas, balts
Injoits	$Ca_2B_6O_{11} \cdot 13H_2O$	1,87	2	Bezkrāsas, balts
Kolemanīts	$Ca_2B_6O_{11} \cdot 5H_2O$	2,44	3,5-4,5	Bezkrāsas, balts, pelēks, dzeltenīgs

Borātu cietība parasti nepārsniedz 4,5 (kolemanītam). Var būt arī borāti ar cietību 1 (boronatrokalcīts) un pat 6-8 (atsevišķiem H_2O nesaturošiem borātiem). Lielākā daļa

borātu ir bezkrāsaini vai balti saskaņā ar to, ka borāti nesatur hromoforas daļiņas. Izplatītāko borātu fizikālās īpašības apkopotas 23.tabulā.

Borāti veidojas sālsūdens baseinos, kuros ir paaugstināta bora savienojumu koncentrācija. Mazākā mērā borātu veidošanās novērojama magmatiskā procesa pegmatīta un hidrotermālā stadijā. Pazīstami arī borāti, kas izveidojušies kontakta metasomatiskā procesā, aizvietojojot karbonātus.

Borāti ir minerālās izejvielas borskābes un boraka ieguvei, kuras, savukārt, izmanto keramikas un stikla rūpniecībā, kā arī medicīnā u.c. nozarēs. B_2O_3 ir termiski izturīgu stiklu būtiska sastāvdaļa. Medicīnā un pārtikas rūpniecībā borātus izmanto kā antiseptiķus.

Atkarībā no borātu struktūras, tos iedala: saliņu, ķēdīšu, kārtainos un karkasa tipa borātos.

Boraks $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ Nosaukums radies no arābu vārda „burag”, kas nozīmē – balts. Sinonīms – tinkāls. Par tinkālu Austrumu zemēs sauca dabisko neapstrādāto boraku.

Ķīmiskais sastāvs. Dots 22.tabulā.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 4$. Monoklīns. Simetrija L_2PC . Struktūru veido radikāls no diviem $[BO_3OH]$ tetraedriem un diviem $[BO_2OH]$ trīsstūriem, kuriem ar hidroksila ūdeņraža saiti pievienots nātrijs. Nātrijs ar H_2O veido oktaedru $Na(H_2O)_6$.

Agregāti un habituss. Boraks visbiežāk veido vāji saistītus graudainus agregātus, izziēdījumus, kā arī garoziņas, kas gaisā sadalās un pārvēršas pulverī. Dažreiz sastopami lieli, īsi prizmatiski kristāli, kas pēc apveida līdzīgi piroksēna kristāliem (sk. 195.att.). Reti sastopami dvīņu kristāli.



Fizikālās īpašības. Blīvums, cietība un krāsa parādīta 23.tabulā. Skaldnība – vidēja; spīdums – stiklains, taukains.

195.attēls. Minerāla boraka kristāla habituss.

Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammā (Å): 4,86; 2,84; 2,57. Šķīdums dod vāji sārmainu reakciju. Karsējot uzpūšas un pēc tam sakūst caurspīdīgā masā.

Veidošanās un sastopamība. Boraks izkristalizējas bora savienojumus saturošos izžūstošos sāls ezeros, kur tas parasti asociējas ar halītu, boronatrokalcītu, glauberītu, ģipsi, kalcītu, nātrija salpetri u.c. sāļiem. Ievērojamās masās, kopā ar citiem nātrija sāļiem boraks veidojies Kašmira ezera krastos, Tibetā, vairākos Kalifornijas ezeros u.c. vietās.

Izmantošana. Boraks ir svarīga izejviela bora iegūšanai. Boraku izmanto emalju ražošanā, stikla un papīra rūpniecībā. To izmanto metināšanā kā kusni, lai novērstu sametināmo virsmu oksidēšanos.

Kernīts $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ Nosaukumu ieguvis no atrāšanās vietas - Kernas Kalifornijā. Sinonīms – razorīts.

Ķīmiskais sastāvs. Dots 22.tabulā.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 4$. Monoklīns. Simetrija L_2PC .

Agregāti un habituss. Parasti novērojams šķiedrainu sakopojumu vai atsevišķu izometriskā habitusa kristālu veidā.

Fizikālās īpašības. Blīvums, cietība un krāsa parādīta 23.tabulā. Skaldnība – laba; spīdums – stiklains.

Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammā (Å): 7,4; 6,6; 3,24. Šķīst ūdenī (lēnāk nekā boraks). Karsējot uzpūšas un lēni sakūst necaurspīdīgā baltā masā, kas līdzīga ziedkāpostu formai, kas, turpinot karsēšanu, paliek bezkrāsaina.

Veidošanās un sastopamība. Lielos daudzumos zināms Krāmeras atradnē netālu no Kernas Kalifornijā, kur atrodams kopā ar boraku, boronatrokalciņu un dažiem citiem retiem borātiem starp mālu slānekļiem. Lielos daudzumos sastopams lielos kristālos, no kuriem lielākā kristāli izmēri ir bijuši $1 \times 2,5$ m.

Praktiskā nozīme. Kernīts ir galvenais rūpniecībā izmantojamais borāts Krāmeras atradnē Kalifornijā.

2.13. Halogēni

Halogēniem pieskaita halogēnūdeņraža skābju sāļus, t.i., savienojumus, kur ūdeņradis aizvietots ar sārnu vai sārmezemju metāliem, kā arī ar Cu, Ag, Pb, Hg, Mn u.c. Starp halogēniem pazīstami arī minerāli, kuri bez halogēna jona satur arī skābekļa jonus un (OH) grupu, piemēram, terlinguaitis – $\text{Hg}^+\text{Hg}^{2+}\text{OCl}$, atakamīts – $\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$ u.c. Šos minerālus pieņemts saukt par oksihalogēniem. Halogēniem pieskaitāmi ap 100 minerālu. Lielākā daļa no tiem ir tipiski jonu savienojumi. Kristālu morfoloģija atkarīga no to augsti simetriskās struktūras. Zemākās singonijās kristalizējas tikai smago metālu halogēni, kas satur (OH) grupu un H_2O .

Fluorīdiem, salīdzinot ar hlorīdiem, bromīdiem un jodīdiem, ir lielāka cietība un zemāks gaismas laušanas koeficients. Maksimālā cietība (ap 5) ir selaitam – MgF_2 , bet vismazākā ir sārnu un sārmezemju hlorīdiem (1,5–2). Maksimālais blīvums ir terlinguaitam (8,7). Vismazākais blīvums ir silvīnam KCl (1,97–1,99).

Halogēni ir optiski izotropi, kā arī ar ļoti vāju dubultlaušanu. Tomēr jāatzīmē, ka arī starp hlorīdiem, bromīdiem un jodīdiem ir minerāli ar augstu gaismas laušanas koeficientu. Lielākā daļa halogēni ir bezkrāsaini, tikai Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Cu^{2+} halogēni ir zaļā, dzeltenā, sarkanā, vai zili zaļā krāsā. Smago metālu (Ag, Cu, Hg) halogēni parasti ir dzelteni.

Pēc izcelsmes halogēni ir divu tipu:

- 1) fluorīdi galvenokārt ir pegmatīta un pneimatolītiski hidrotermālā procesa veidojumi;
- 2) hlorīdi, bromīdi un jodīdi ir supergēnie vai noguluma veidojumi.

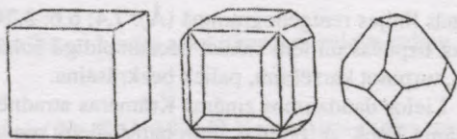
Halogēniem ir liela nozīme tautsaimniecībā. Tie ir izejviela ķīmiskai, metalurģiskai un stikla rūpniecībai. Halogēnus izmanto arī lauksaimniecībā.

Fluorīts CaF_2 Nosaukums cēlies no fluora nosaukuma latīņu valodā – „fluorum”. Sinonīms – kušņu špats.

Ķīmiskais sastāvs. Ca – 51,2 %; F – 48,8 %. Fluorīts satur arī Y, Ce un Ra.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 4$. Kubisks. Simetrija $3L_44L_36L_29PC$.

Agregāti un habituss. Fluorīts lielākoties veido blīvus, zemjainus agregātus un drūzas, kurās kristāliem ir kubisks, retāk – oktaedrisks apveids (sk. 196.att.).



196.attēls. Minerāla fluorīta kristāla habituss.

Atsevišķi kristāli reizēm sasniedz 25 cm. Dažās atradnēs sastopami blīvi zonāli agregāti. Sastopami fluorīta paralēlie saaugumi ar siderītu, pirītu, kvarcu un šēlītu.

Fizikālās īpašības. Blīvums – 3,18 (g/cm^3); cietība – 4 (pēc Moosa); skaldnība – vidēja; krāsa – visdažādākā, jo fluorīts ir viskrāsainākais minerāls pasaulē; bieži caurspīdīgs; spīdums – stiklains.

Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammās (Å): 3,15; 1,93; 1,644. Vāji šķīst karstā HCl un sadalās H_2SO_4 iedarbībā.

Veidošanās un sastopamība. Fluorīts galvenokārt veidojas magmatiskā procesa hidrotermāli pneimatolītiskā un pegmatīta stadijā. Fluorīta pavadoņminerāli tā atradnēs parasti ir kvarcs, barīts, kalcīts, no sulfīdiem visbiežāk – galenīts un sfalerīts. Kā aksesoris minerāls fluorīts sastopams dažos tipiskos magmatiskos iežos. Pazīstams arī metasomatiskas izcelsmes fluorīts, kas radies no kaļķakmens kalcīta. Nozīmīgākās fluorīta atradnes ir Lielbritānijā, ASV, Krievijā un Ukrainā.

Izmantošana. Fluorītu izmanto fluorūdeņražskābes un citu fluoru saturošo savienojumu (piem., kriolīta ieguvei), ko, savukārt, izmanto kā kusni metāliskā alumīnija ieguves tehnoloģijā. Bezkrāsaino, caurspīdīgo fluorītu izmanto optiskās ierīcēs kā hromatiskās un sfēriskās aberācijas noņēmēju. Fluorītu izmanto optisko stiklu tehnoloģijā un kā kusni metalurģijā (tāpēc fluorītu sauc arī par kušņu špatu).

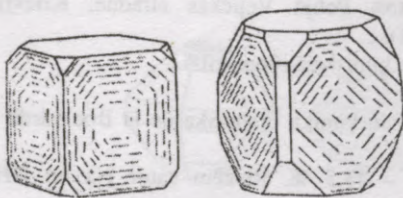
Kriolīts $\text{Na}_2[\text{NaAlF}_6]$ Nosaukums radies no grieķu vārdiem „krios” – aukstums un „litos” – akmens (pēc spīduma un gaismas laušanas koeficienta kriolīts ir līdzīgs ledum). Sinonīms – ledus špats.

Ķīmiskais sastāvs. Al – 12,8 %; Na – 32,8 %; F – 54,4 %. Reizēm satur dzelzs piemaisījumus.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 2$. Simetrija L_2PC .

Agregāti un habituss. Kriolīts sastopams plākšņuveida agregātu un blīvu masu veidā. Kriolīta kristāli sastopami reti, parasti tie līdzīgi kubam (sk. 197.att.). Novēroti arī kriolīta dvīņi.

Fizikālās īpašības. Blīvums 2,95-3,01 (g/cm^3); cietība 2-3 (pēc Moosa); skaldnības gandrīz nav; krāsa – balta, sarkanīga, brūngana, reti – arī melna; spīdums – stiklains.



Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammā (Å): 2,75; 2,33; 1,94. Šķīst stiprā H₂SO₄.

197.attēls. Minerāla kriołita kristālu habituss.

Veidošanās un sastopamība. Kriołīts veidojas pegmatītos, pneimatolītisku faktoru ietekmē, vai arī, izgulsnējas no hidrotermāliem šķīdumiem. Sastopams kopā ar kvarcu, siderītu, volframītu, kasiterītu, galenītu, sfalerītu u.c. Vienīgā rūpnieciskas nozīmes kriołita atradne ir Grenlandes rietumu daļā.

Izmantošana. Kriołītu izmanto kā kusni alumīnija ieguvē no boksītiem.

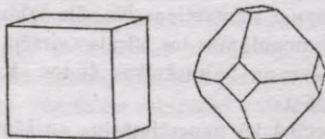
Halīts NaCl Nosaukumu ieguvis no grieķu valodas „gaļš” – sāls. Sinonīms – akmens sāls.

Ķīmiskais sastāvs. Na – 39,4 %; Cl – 60,6 %. Reizēm satur Br un Ag piemaisījumus.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā Z = 4. Kubisks. Simetrija 3L₄4L₃6L₂9PC.

Agregāti un habituss. Halīts sastopams apjomīgu kristālisku, graudainu masu veidā, reizēm veido garoziņas, uzsūbējumus, izziedējumus un drūzas. Halīta kristāliem parasti ir kubisks, reizēm arī oktaedrisks habituss (sk. 198.att.). Dažām atradnēm raksturīga šķiedrainu halīta agregātu veidošanās.

Fizikālās īpašības. Blīvums 2,1-2,2 (g/cm³); cietība – 2 (pēc Moosa); skaldnība – laba; krāsa – balta, bezkrāsas; spīdums – stiklains.



198.attēls. Minerāla halīta kristālu habituss.

Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammā (Å): 1,99; 1,259; 1,149. Iedarbojoties ar AgNO₃ uz NaCl šķīdumu, izkrīt baltas biežpienveida AgCl nogulsnes.

Veidošanās un sastopamība. Halīts veidojas galvenokārt kristalizācijas un nogulsnešanās procesā no pārsātinātiem ūdens šķīdumiem daļēji noslēgtos ūdens baseinos – jūru līčos un ezeros. Halīts tajos, kopā ar citiem halogenīdiem, veidojas kā pēdējais minerāls pēc karbonātu un sulfātu minerālu izveidošanās. Halīts parasti asociējas ar silvīnu, karnalītu u.c. sārmu metālu hlorīdiem un sulfīdiem. Halīts, kopā ar citiem hlorīdiem, nelielos daudzumos izveidojas sublimācijas ceļā uz vulkānu krātera sienām. No izcelsmes viedokļa, izšķir vairākus halīta veidus: 1) akmens sāls (slāpains starpiežu nogulums); 2) pašnogulsnešanās sāls (nogulsnešanās slēgtos ūdens baseinos, teritorijās ar karstu un sausu klimatu); 3) vulkāniskā sāls (sublimācija no vulkāniskām gāzēm); 4) izziedējuma sāls (plānas kārtiņas un uzsūbējumi uz Zemes virsmas stepju un tuksnešainos apvidos). Bagātīgas halīta atradnes atrodas Vācijā, ASV Kanzasas,

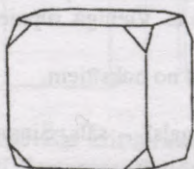
Luiziānas, Teksasas, Oklahomas u.c. štatos, Polijā Vejičkas atradnē, Krievijā Soljikamskā un Berezovskā, Ukrainā Donbasā u.c.

Izmantošana. Halītu izmanto pārtikas un ķīmiskajā rūpniecībā.

Silvīns KCl Nosaukts holandiešu ārsta un ķīmiķa Franciska de la Boe vārdā – Silvijs.

Ķīmiskais sastāvs. K – 52,5 %; Cl – 47,5 %. Reizēm satur Na un NH₄ piemaisījumus.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā Z = 4. Kubisks. Simetrija 3L₄4L₃6L₂9PC.



Agregāti un habituss. Silvīns visbiežāk sastopams apjomīgos, graudainos sakopojumos. Salīdzinoši reti tas veido drūzas un atsevišķus kubiskus kristālus, kas pēc ārējā apveida atgādina halītu. Silvīna kristāla kubam raksturīga stūru noapaļošanās, ko nosaka oktaedra veidošanās (sk. 199.att.). Silvīnam raksturīgi paralēlie saaugumi ar halītu un hematītu.

199.attēls. Minerāla silvīna kristāla habituss.

Fizikālās īpašības. Blīvums 1,97-1,99 (g/cm³); cietība 1,5-2 (pēc Moosa); skaldnība – laba; krāsa – bezkrāsas, ūdens caurspīdīgs; spīdums – stiklains.

Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammā (Å): 2,23; 1,403; 1,045. Šķīst ūdenī. Silvīnam ir rūgti sāļa garša, tas ir higroskopisks.

Veidošanās un sastopamība. Silvīns, līdzīgi halītam, veidojas no piesātinātiem ūdens šķīdumiem un nogulsnešanās ceļā daļēji slēgtos ūdens baseinos – jūras līčos un ezeros. Parasti sastopams kopā ar halītu, karnalītu u.c. minerāliem. No sāļu šķīdumiem silvīns veidojas kā pēdējais minerāls, tāpēc sāļu nogulumos tas atrodas virsējā kārtā. Lielākās silvīna atradnes atrodas ASV Teksasas un Ņūmeksikas štatos, Krievijā Soljikamskā, Ukrainā Piekarpatos, Vācijā Štasfurtē u.c.

Izmantošana. Silvīnu izmanto lauksaimniecībā kā minerālmēslus un ķīmiskajā rūpniecībā, dažādu kāliju saturošu preparātu ieguvei medicīnā, parfimērijā u.c.

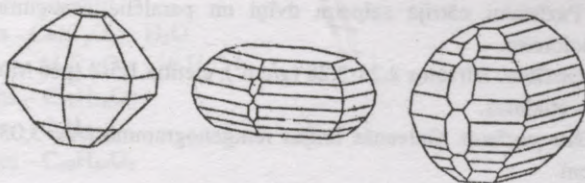
Karnalīts KMgCl₃ · 6H₂O Nosaukts prūšu kalnu inženiera R.Karnalla vārdā.

Ķīmiskais sastāvs. Mg – 8,7 %; K – 14,1 %; Cl – 38,3 %, H₂O – 38,9 %. Reizēm satur Br, Rb, Cs, Li un Ga piemaisījumus.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā Z = 12. Rombisks. Simetrija 3L₂3PC.

Agregāti un habituss. Karnalīts veido apjomīgas, graudainas masas. Tā kristāli sastopami reti un tiem ir pseidoheksagonāls apveids (sk. 200.att.).

Fizikālās īpašības. Blīvums – 1,60 (g/cm³); cietība 2-3 (pēc Moosa); skaldnības nav; krāsa – balta, bieži bezkrāsains; spīdums – svaigā lūzumā stiklains; higroskopisks.



200.attēls. Minerāla karnalīta kristālu habituss.

Veidošanās un sastopamība. Karnalīts kristalizējas un nogulsņējas jūras ūdens un ezeru baseinos, kur, veidojas kopā ar halītu un silvīnu kā viens no pēdējiem minerāliem. Tāpēc karnalīts atrodas sāļu nogulumu virsējās kārtās. Karnalīta pavadoģminerāli mēdz būt ģipsis, anhidrīts, halīts, epsomīts, silvīns un vēl daži citi minerālsāļi. Gaisā karnalīts ātri sadalās par $MgCl_2$ un KCl . Karnalīta atradnes ir Krievijā Soļikamskā, Vācijā Štasfurtē, ASV Teksasas un Oklahomas štatos u.c.

Izmantošana. Karnalīts ir svarīga kālija un magnija rūda. To izmanto mākslīgo kālija minerālmēslu ieguvei.

2.14. Nitrāti

Nitrāti ir slāpekļskābes sāļi. Šie minerāli sastopami relatīvi reti un to skaits ir neliels. Ja tiem pieskaita pārejas minerālus, kuros nitrātu grupa daļēji aizvietota ar sulfātu grupu, tad šo minerālu kopskaits ir 9.

Galvenie katjoni ir K^+ un Na^+ , retāk – Mg^{2+} , Ca^{2+} , Ba^{2+} , vēl retāk – varš. Nitrāi struktūra uzskatāma kā saliņu tipa struktūra. Struktūru veidojošā pamatgrupa ir $[NO_3]$, kas, pēc uzbūves un izmēriem, ļoti līdzīga $[CO_3]^{2-}$ grupai. Vienādmalu trijstūra virsotnēs atrodas skābekļa joni, centrā – piecvērtīgais slāpekļa jons. Šīs grupas sasaista katjoni. Nitrātiem raksturīgi zemjaini un pulverveida sakopojumi. Graudaini agregāti vai kristāli novērojami reti.

Galvenie pārstāvji ir nātrija salpetris un kālija salpetris. Nātrija salpētra struktūra līdzīga kalcīta struktūrai.

Šie minerāli labi šķīst ūdenī, tiem piemīt asa garša. Karsējot kopā ar ogles pulveri, uzliesmo.

Nitrāti veidojas uz Zemes virsmas, sadaloties organiskiem produktiem. Baktērijām, sadalot organiskos produktus, izveidojas amonjaks, kuru, savukārt, baktērijas pārvērš par slāpekļskābi, no kuras tālāk izveidojas nitrāti. Uzskata, ka nitrāti veidojas arī no gaisā esošā slāpekļa, notiekot elektriskā lādiņa izlādei negaisa laikā.

Nātrija salpetris $Na[NO_3]$ Terminam salpetris ir sena izcelsme un tā saistīta, acīmredzot, ar latīņu vārdu „sal” – sāls un grieķu latīņu „petra” – klints. Sinonīmi – Čīles salpetris, nitrātīns, nitrātīts, nitronatrīts, natronitrīts.

Ķīmiskais sastāvs. Na_2O – 36,5 %; N_2O_5 – 63,5 %.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 2$. Trigonāls. Simetrija L_33L_23PC .

Habituss. Nātrija salpetris veido romboedrus, kas ļoti līdzīgi kalcīta romboedriem. Pazīstami nātrija salpētra dvīņi un paralēlie saaugumi ar kalcītu, muskovītu un dolomītu.

Fizikālās īpašības. Blīvums 2,24-2,28 (g/cm^3); cietība 1,5-2 (pēc Moosa); krāsa – balta; spīdums – stiklains.

Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammā (Å): 3,03; 2,31; 1,89. Viegli šķīst ūdenī.

Veidošanās un sastopamība. Nātrija salpetris veidojas zemeslodes tādās vietās, kur ir arī sauss un karsts klimats. Visticamāk, tas veidojas no slāpekli saturošām organiskās izcelsmes veidojumu paliekām, tām bioķīmiski pārveidojoties (piem., no guāno). Nātrija salpetris asociējas ar kālija salpetri, ģipsi, halītu, mirabilītu un dažiem citiem minerāliem. Lielākā nātrija salpētra atradne ir Čīles tuksnešainā ziemeļu daļā. Tur nātrija salpētra u.c. minerālu, ar kuriem tas asociē, nogulumu kārtas biezums sasniedz 1,5 m un daudzums ir ap 200 milj.t. Nozīmīgas nātrija salpētra atradnes ir arī ASV Kalifornijas un Nevadas štatos izžuvušo ezeru krastos, kur to nogulumu kārtas biezums sasniedz 2 m un nātrija salpētra saturs ir robežās no 15-40 %. Nātrija salpētra atradnes ir arī Āfrikā, Meksikā, Peru, Kazahstānā u.c.

Izmantošana. Nātrija salpetri izmanto slāpekļskābes ieguvei, sprāgstvielu izgatavošanai, kā arī stikla rūpniecībā. To izmanto arī lauksaimniecībā kā minerālmēslojumu.

Kālija salpetris $\text{K}[\text{NO}_3]$ Nosaukumu (atšķirībā no Čīles salpētra) ieguvis pēc sava sastāva.

Minerāla struktūra. Formulas vienību skaits elementāršūnā $Z = 4$. Rombisks. Simetrija $3L_23PC$.

Agregāti un habituss. Kālija salpetris veido garoziņas, uzsūbējumus un izziedējumus, kā arī kristāliskus agregātus, kuros atsevišķi indivīdi ir adatveida. Pēc ārējā izskata, kālija salpētra kristāli atgādina aragonīta kristālus.

Fizikālās īpašības. Blīvums 1,99-2,11 (g/cm^3); cietība – 2 (pēc Moosa); skaldnība – laba; krāsa – balta vai bez krāsas; spīdums – stiklains; trausls.

Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammā (Å): 3,77; 3,33; 2,66. Viegli šķīst ūdenī.

Veidošanās un sastopamība. Pēc savas izcelsmes, kālija salpetris saistīts ar organisku vielu sadalīšanos. Lielas atradnes neveido. Atrodams vairākās vietās Vidusāzijā (grunts izziedējumi) un Dagestānā (izziedējumi uz kaļķakmens klintīm).

Izmantošana. Kālija salpetri izmanto kā kālija mēslojumu, tā arī slāpekļskābes un šaujampulvera ieguvei.

2.15. Organiskie savienojumi

Organisko savienojumu tipam pieskaita minerālus, kuri ir dažādu organisko skābju sāļi, kā arī dažādus bitumu, darvu veidojumus. Šie savienojumi plaši izplatīti

dabā, tomēr tie ir ļoti maz izpētīti sakarā ar to sarežģīto ķīmisko sastāvu. Visvairāk pētīti sekojoši minerāli:

Juvelīts - $\text{Ca}[\text{C}_2\text{O}_4] \cdot \text{H}_2\text{O}$

Melilīts - $\text{Al}_2\text{C}_{12}\text{O}_{17} \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$

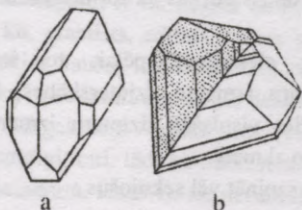
Kertisīts - $\text{C}_{24}\text{H}_{18}\text{O}$

Parafīns - $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$

Dzintars - $\text{C}_{40}\text{H}_{64}\text{O}_4$

Juvelīts $\text{Ca}[\text{C}_2\text{O}_4] \cdot \text{H}_2\text{O}$ Nosaukts angļu pētnieka Viljama Juvela vārdā.

Ķīmiskais sastāvs: $\text{CaO} - 38,38 \%$; $\text{CO}_2 - 49,28 \%$; $\text{H}_2\text{O} - 12,34 \%$.



Habituss. Juvelīts veido izometriskus vai tabletveida kristālus (sk. 201.att. a). Diezgan attīstīti arī juvelīta sirdsveida dvīņi (sk. 201.att. b).

201.attēls. Minerāla juvelīta: a - kristāls; b - dvīnis.

Fizikālās īpašības. Blīvums - $2,23 \text{ (g/cm}^3\text{)}$; cietība 2,5-3 (pēc Moosa); krāsa - bezkrāsas, sastopami arī dzeltenīgi un brūngani kristāli; skaldnība - laba; spīdums - stiklains; caurspīdīgs; lūzums - gliemežveida; trausls.

Diagnostikas pazīmes. Galvenās līnijas rentgenogrammā (Å): 5,8; 3,64; 2,95. Skābēs šķīst, ūdenī nešķīst.

Veidošanās un sastopamība. Veidojas, sadēdot akmeņoglēm, un sastopams kopā ar augu paliekām. Atrasts arī kā primārs hidrotermāls veidojums rūdu dzīslās. Sastopams arī kā mikroskopiski kristāliņi augu šūnās un kā nierakmens cilvēkos. Lielī juvelīta dvīņi izmērā līdz 3,5 m atrasti kopā ar kalcītu netālu no Drēzdenes Vācijā un Kladno Čehijā.

Dzintars $\text{C}_{40}\text{H}_{64}\text{O}_4$ Nosaukums cēlies no latīņu valodā šī minerāla nosaukuma "gentaras".

Ķīmiskais sastāvs. C - 79,0 %; H - 11,0 %; O - 10,0 %. Parasti kā piemaisījumu satur nelielu daudzumu sēra.

Dzintara paveidi:

- 1) sukcinīts - noapaļotas formas, kārtains veidojums ar faunas un lapu ieslēgumiem;
- 2) glesīts - brūnas krāsas necaurspīdīgs paveids;
- 3) bakerīts - melnas krāsas necaurspīdīgs paveids.

Habituss. Dzintaram raksturīgā dabiskā forma ir sacietējuši sveķu pilieni. Dažreiz dzintars sastopams kā kārtains veidojums, arī kā notecējumi vai stalaktīti.

Fizikālās īpašības. Blīvums $1,05-1,10 \text{ (g/cm}^3\text{)}$; cietība 2-2,5 (pēc Moosa); krāsa - parasti dzeltena ar dažādām nokrāsām no dzeltenī sarkanai līdz dzeltenī brūnai;

spīdums – sveķains; caurspīdīgs vai daļēji gaismu caurlaiž; trausls; labi pulējams un viegli apstrādājams; vāji vada elektrību. Beržot ar sausu koku vai, sildot, elektrizējas. Šī dzintara īpašība bija pazīstama jau senatnē (vārds elektrība ir cēlies no grieķu vārda “elektrons”, kas tulkojumā nozīmē dzintars).

Diagnostikas pazīmes. Dzintaram ir dzeltena krāsa un var būt dažādu augu palieku (lapu, ziedlapiņu) un kukaiņu ieslēgumi. Sadeg 250-400°C temperatūrā, veidojot aromātisku smaržu. Viegli šķīst benzolā un sērogleklī. Mīksttapšanas temperatūra ir 150°C.

Veidošanās un sastopamība. Dzintars ir veidojies no terciārā periodā augušu skuju koku (*Pinus succinifera*) iztecējušiem sveķiem. Dzintara atradnes ir Baltijas jūras piekrastē Vācijas, Polijas, Krievijas, Dānijas un Zviedrijas teritorijās. Atradnes ir arī Lielbritānijā, ASV u.c. zemēs.

Izmantošana. Pateicoties savai zemajai elektrovadītspējai, to izmanto elektrotehniskajā rūpniecībā kā izolatoru. Dzintaru izmanto dzintarskābes, kā arī medicīnisko preparātu un reaktīvu iegūšanai. Bet visplašāk dzintaru izmanto kā rotakmeni (piespraudes, krelles utt.) vai dekoratīvo akmeni.

Bez minētajiem organiskajiem minerāliem var minēt vēl sekojošus :

Humboldtīts	$\text{FeC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Kurtisīts	$\text{C}_{24}\text{H}_{18}$
Vevelīts	$\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Idrialīts	$\text{C}_{80}\text{H}_{56}\text{O}_2$
Vedelīts	$\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Karpatīts	$\text{C}_{32}\text{H}_{17}\text{O}$
Oksamīts	$(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Kladnoīts	$\text{C}_6\text{H}_4(\text{CO})_2\text{NH}$
Mingucīts	$\text{K}_3\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	Grebeīts	$\text{C}_{18}\text{H}_{14}\text{O}_8$
Stepanovičs	$\text{NaMgFe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \cdot 8\text{-}9\text{H}_2\text{O}$	Reficīts	$\text{C}_{20}\text{H}_{32}\text{O}_2$ u.c.
Žemčuzņikovīts	$\text{NaMgAl}(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \cdot 8\text{-}9\text{H}_2\text{O}$		
Melīts	$\text{Al}_2\text{C}_{12}\text{O}_{12} \cdot 18\text{H}_2\text{O}$		
Pigotīts	$\text{Al}_4(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_4)\text{O}_6 \cdot 13,5\text{H}_2\text{O}$		
Erlandīts	$\text{Ca}_3(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$		
Džuljenīts	$\text{Na}_2\text{Co}(\text{CSN})_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$		
Kalklacīts	$\text{Ca}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 \cdot \text{Cl} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$		
Gartīts	$\text{C}_{20}\text{H}_{34}$		
Kratohvilīts	$\text{C}_{13}\text{H}_{10}$		
Simonelīts	$\text{C}_{15}\text{H}_{20}$		
Fihtelīts	$\text{C}_{19}\text{H}_{34}$		
Evenkīts	$\text{C}_{24}\text{H}_{50}$		
Pendletonīts	$\text{C}_{24}\text{H}_{12}$		

2.16. Dārgakmeņi un rotakmeņi

Par dārgakmeņiem sauc minerālus, kuriem piemīt trīs īpašības:

- 1) Izcils skaistums.
- 2) Noturība pret vides iedarbību.

3) Retums.

Dārgakmeņi, jau no seniem laikiem, ir piesaistījuši cilvēku uzmanību. Pirmais minerāls, kam cilvēks pievērsa vairāk uzmanības, droši vien bija dārgakmens, kura jēdzienu vairums cilvēku saista tieši ar minerāliem. Tomēr vairākos gadījumos nosaukumi, kuri tiek lietoti dārgakmeņiem, atšķiras no pamatminerāla nosaukuma. Piemēram, rubīns un safīrs ir korunda savdabji, smaragds un akvamarīns - berila savdabji, aleksandrīts ir hrizoberila savdabis. Turklāt svara vienības, kuras izmanto dārgakmeņiem, atšķiras no tām, ko lieto ikdienā. Šajā gadījumā izmantotā svara vienība ir karāts, kurš atbilst 0,2 g. Tā kā dārgakmeņi ir reti sastopami minerāli, tie ir dārgi. Daudzi dārgakmeņi ir atmosfēras, ūdens un mehāniski izturīgi, lai gan ne visiem dārgakmeņiem ir tik augsta cietība kā dimantam un korundam. Vairāki dārgakmeņi, tādi kā, ametists, sārtais kvarcs un dzeltenais topāzs zaudē savu krāsu, ilgstoši tos pakļaujot Saules iedarbībai. Kā citu piemēru var minēt opālu, kas zaudē savu ūdens saturu, to nedaudz sildot. Šīs dehidratācijas rezultātā opāls zaudē krāsu.

Dārgakmeņi vizuāli var ļoti lielā mērā atšķirties. Lielākā daļa no tiem ir caurspīdīgi; citi, tādi kā Mēness akmens, opāls vai tīģeracs ir puscaurspīdīgi; bet daži, kā piemēram, lazurīts, arī necaurspīdīgi. Lielākā daļa dārgakmeņu ir krāsaini. Daudzi dārgakmeņi ir monokristāli, izņēmums ir opāls, kas ir amorfs. Dažos gadījumos dārgakmeņi ir polikristāliski agregāti (piem., nefrīts u.c.).

Krāsainos dārgakmeņus (tos mēdz saukt arī par košakmeņiem) cilvēki uztver kā nepārspējamus, unikālus un spilgtus mākslas darinājumus, ko radījusi daba. Dārgakmeņi sniedz cilvēkiem estētisku baudījumu. To ietekme uz cilvēka apziņu ir tik liela, ka par dārgakmeņiem tikušas radītas daudzas leģendas un ticējumi.

Bez dārgakmeņa jēdziena pastāv arī rotakmens jēdziens. Par rotakmeņiem sauc visus akmeņus, kurus izmanto juvelierizstrādājumu izgatavošanai. Pašlaik juvelierizstrādājumu izgatavošanai izmanto ap 200 minerālus un iežus, kā arī to paveidus un savdabjus.

Tomēr biežāk izmantoto dārgakmeņu skaits nepārsniedz skaitli 10 un, pēc izmantošanas apjoma, sastāda 75 %. Pārējie 190 dārgakmeņi pēc izmantošanas apjoma sastāda tikai 25 %. Bieži izmantotie dārgakmeņi juvelieru izstrādājumos ir: dimants, tirkīzs, opāls, rubīns, safīrs, pērle, smaragds, granāts, topāzs un kvarca caurspīdīgie savdabji.

Dārgakmeņu ieguve pasaules mērogā nav liela. Ik gadus tiek patērēts tikai 10000 kg dimanta, rubīna, safīra un smaragda. Tomēr to vērtība ir apmēram tāda pati, kā ik gadus saražotajam cementam.

Ir pastāvējušas vairākas dārgakmeņu klasifikācijas, kuru pamatā ir:

- ❖ Tirgus vērtība.
- ❖ Izmantošana juvelierizstrādājumos.
- ❖ Tradīcijas u.c.

Nozīmīgākie dārgakmeņi un to savdabji alfabētiskā secībā parādīti 1.pielikumā.

Nozīmīgākie dārgakmeņi un to savdabji

Pamat-minerāla nosaukums un formula	Dārgakmens nosaukums	Cietība pēc Moosa skalas	Blīvums, g/cm ³	Gaismas laušanas koeficients	Krāsa	Atradnes
Aragonīts Ca[CO ₃]	Pērle (pērle)	3,5-4,5	2,60-2,80		Zaigojums	Persijas līcis, Eiropas, Ķīnas, Amerikas saldūdeņi u.c.
Berils Be ₃ Al ₂ [Si ₆ O ₁₈]	Smaragds	7,5-8	2,50 - 2,90	1,57-1,60	Zaļa	Kolumbija, Brazīlija, Krievija
	Akvamarīns				Zili zaļa	Brazīlija, Kenija, Tanzānija, Šrilanka
	Morganīts				Rozā	Madagaskara, Brazīlija, ASV
	Heliodors				Dzeltena	Madagaskara, Brazīlija, Krievija, ASV
	Sarkanais berils				Sarkana	ASV (Jūtas štats)
	Gošenīts				Bezkrāsas	Brazīlija, Pakistāna, ASV
Cirkons Zr[SiO ₄]	Hiacints Azorīts	7,5	4,6-4,7	1,78-1,93	Dažāda	Norvēģija, Kanāda, ASV
Dimants C		10	3,5	2,5	Bezkrāsas, zila, zaļa, rozā, dzeltena	D-Āfrika, Krievija, R-Austrālija, Brazīlija
Granātu grupa R ²⁺ ₃ R ³⁺ ₂ [SiO ₄] ₃ R ²⁺ - Ca, Fe, Mg, Mn R ³⁺ - Al, Cr, Fe, Mn	Almandīns Fe ₃ Al ₂ [SiO ₄] ₃	7,5	3,95-4,20	1,78-1,81	Sarkana līdz brūnai	Norvēģija, Vācija, Indija, ASV
	Andradīts Ca ₃ Fe ₂ [SiO ₄] ₃	6,5-7	3,75-3,85	1,84-1,89	Brūna, zaļa, melna	ASV
	Grosulārs Ca ₃ Al ₂ [SiO ₄] ₃	7-7,5	3,50-3,75	1,74-1,75	Zaļa	Kanāda, Meksika, ASV
	Pirops Mg ₃ Al ₂ [SiO ₄] ₃	7-7,5	3,65-3,87	1,71-1,79	Sarkana	ASV, D-Āfrika, Austrālija
	Spesartīns Mn ₃ Al ₂ [SiO ₄] ₃	7-7,5	4,12-4,20	1,79-1,82	Oranža, rozā, brūna	Brazīlija, Ķīna, ASV, Madagaskara
	Uvarovīts Ca ₃ Cr ₂ [SiO ₄] ₃	7,5	3,4-3,8	1,74-1,87	Zaļa	ASV, Kanāda, Somija

1. pielikuma turpinājums

Pamat-minerāla nosaukums un formula	Dārgakmens nosaukums	Cietība pēc Moosa skalas	Blīvums, g/cm ³	Gaismas laušanas koeficients	Krāsa	Atradnes
Hrizoberils BeAl ₂ O ₄	Aleksandriīts	8,5	3,64- 3,66	1,74- 1,76	Violeti sarkana	Šrilanka, Tanzānija, Krievija
	Kaķa acs				Zaļgans ar zīdaiņu atspīdumu	Madagaskara
Korunds Al ₂ O ₃	Rubīns	9	3,99- 4,05	1,76- 1,78	Sarkana	Taizeme, Indija, Zimbabve, ASV, Šrilanka, Kenija
	Safīrs				Zila	Šrilanka, Brazīlija, Tanzānija, Kašmira, Krievija
Kvarcs SiO ₂	Kalnu kristāls	7	2,5 -2,8	1,531- 1,553	Bezkrāsas	ASV, Šveice, Brazīlija, Peru, Indija, Kolumbija, Lielbritānija
	Ametists				Violeta	Brazīlija, Meksika, ASV, Itālija, Vācija, Krievija
	Dūmu kvarcs jeb rauhtopāzs				Dūmakaini brūna	Šveice, ASV, Brazīlija, Krievija
	Citrīns				Dzeltēna	Brazīlija, Krievija, Meksika
	Rožainais kvarcs				Rozā	Brazīlija, Madagaskara
	Avanturīns				Tumši zaļš	Indija, Brazīlija, Spānija
	Morions				Melnš	Krievija
	Halcedons: ahāts, onikss, serdoliķis, safīrīns, karnēols, sardērs, hrizoprāzs				Dzeltēna, sarkana, oranža, zaļa, zili zaļa, zilgana	Brazīlija, Madagaskara, Ķīna, Indija, Krievija, Meksika, Urugvaja

Pamat-minerāla nosaukums un formula	Dārgakmens nosaukums	Cietība pēc Moosa skalas	Blīvums, g/cm ³	Gaismas laušanas koeficients	Krāsa	Atradnes
Kvarcs SiO ₂	Jašma				Dažāda	Krievija, Kazahstāna
Labradora Ca(50-70%) Na(50-30%) (Al,Si) [AlSi ₂ O ₈]		6-6,5	2,70-2,74	1,55-1,75	Pelēka līdz dumakaini melnai	Kanāda (Labradora), Madagaskara, Skandināvijas pussala
Lazurīts Na ₈ [AlSiO ₄] ₆ [SO ₄]	Lapis lazulli	5,5-6	2,38-2,42	1,50	Dažādas nokrāsas zila	Afganistāna, Čīle, Krievija, Itālija, ASV
Malahīts Cu ₂ [CO ₃](OH) ₂		3,5-4	3,9-4,1	1,66-1,91	Dažādas nokrāsas zaļa	Namībija, Kongo, Krievija, Meksika
Mikroklīns K[AlSi ₃ O ₈]	Amazonīts jeb Amazones akmens	6-6,5	2,54-2,58	1,52-1,53	Zaļa	Brazīlija, Indija, Krievija, ASV, Kanāda
	Mēness akmens jeb adulārs				Gaiša zaiģojoša	Šveice, Šrilanka, Tanzānija, Indija
Nefrīts Ca ₂ (Mg,Fe) ₅ [Si ₄ O ₁₁](OH) ₂	Nefrīts-tremolīts	5,5-5,5	2,9-3,0	1,60-1,62	Balta vai gaiša	Krievija, Ķīna, Jaunzēlande,
	Nefrīts-aktinolīts		3,1-3,3		Zaļa	Kanāda, Taivāna, Brazīlija
Olivīns (Mg,Fe) ₂ [SiO ₄]	Hrizolīts Peridots Vakara smaragds	6,5-7	3,0-3,5	1,67-1,98	Dzelteni zaļa, zaļa,	Krievija, Pakistāna, ASV, Meksika, Austrālija
Opāls SiO ₂ · nH ₂ O	Kaholongs Prazopāls	5,5-6	2,1	1,3-1,45	Balta, bezkrāsas, dzeltena, sarkana, pelēka, melna	Austrālija, ASV, Meksika, Čehija, Lielbritānija, Ungārija, Krievija, Brazīlija
Rodonīts (Mn,Ca)[SiO ₃]		5,5-6,5	3,4-3,7	1,72-1,74	Rozā ar pelēku	Krievija, Austrālija, Zviedrija, ASV
Sukcinīts (dzintars) C ₁₀ H ₁₆ O		2	1,1	1,53-1,55	Dzeltena līdz oranžai	Baltijas valstis, Venecuēla, Krievija

Pamat-minerāla nosaukums un formula	Dārgakmens nosaukums	Cietība pēc Moosa skalas	Blīvums, g/cm ³	Gaismas laušanas koeficients	Krāsa	Atradnes
Spodumens LiAl[Si ₂ O ₆]	Kuncīts	6,5-7	3,16-3,20	1,66	Rozā	Brazīlija, ASV
	Hiddenīts				Zaļa	Afganistāna, Brazīlija, Pakistāna
Tirkīzs CuAl ₆ (PO ₄) ₄ (OH) ₈ · 5H ₂ O		5-6	2,6-2,8	1,61-1,64	No zaļi zilās līdz debess zilai	Irāna, ASV, Austrālija, Afganistāna, Čīle, Ķīna
Topāzs Al ₂ [SiO ₄](OH,F) ₂	Imperatora topāzs	8	3,4-3,5	1,61-1,64	Dzeltena, oranža, sarkana, zila, zaļa	Brazīlija, Pakistāna, Krievija, Meksika
Turmalīns Na(Fe,Mg,Li,Al) ₃ (Al,Cr) ₆ [Si ₆ O ₁₈](BO ₃) ₃ (OH,F) ₄	Elbaitis	7-7,5	3,01-3,13	1,62-1,66	Zaļa, brūna	Itālija, Krievija, Brazīlija
	Rubelīts		3,01-3,06	1,62-1,65	Rozā, sarkana	Mozambika
	Indikolīts		3,05-3,11	1,61-1,65	Zila, gaiši zila	Šrilanka, Mjanma
	Dravīts		2,90-3,10	1,61-1,66	Brūna, dzeltena	ASV
	Šerls		3,10-3,34	1,63-1,68	Melna	Brazīlija, Vācija, Lielbritānija
	Uvīts		3,05-3,12	1,61-1,64	Zaļa, melna, balta, bezkrāsas	Šrilanka, ASV
Žadeīts Na(Al,Fe)[Si ₂ O ₆]		6,5	3,25-3,35	1,64-1,66	Zaļa līdz pelēki zaļai, gaiši zila, dzeltena, rozā	ASV, Japāna, Meksika, Tibeta, Mjanma

Latvijas minerāli

Latvijas minerāli iedalīti trīs grupās:

1. Biežāk sastopamie minerāli.
2. Reti sastopamie minerāli.
3. Ļoti reti sastopamie minerāli.

Katrā grupā minerāli sakārtoti alfabētiskā secībā.

2.pielikums

Biežāk sastopamie minerāli

Nr.p. k.	Minerāla nosaukums	Minerāla formula	Minerāla veidošanās	Sastopamība Latvijā
1.	Augīts	$\text{Ca}(\text{Mg,Fe,Al,Ti})[(\text{Si,Al})_2\text{O}_6]$	Veidojas tiešā magmatiskā stadijā. Sastopams gabro, bazaltos, piroksenītos un andezītos	Magmatisko un metamorfo iežu laukakmeņos (sevišķi – bāziskos, tumšos), kā arī drupu iežos (mālos, smiltīs)
2.	Biotīts	$\text{K}(\text{Mg,Fe})_3(\text{OH,F})[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$	Veidojas magmatiskā, metamorfā un metasomatiskā procesā. Sastopams skābos un neitrālos magmatiskos iežos	Magmatisko un metamorfo iežu laukakmeņos, kā arī noguluma iežos (mālos, smiltīs)
3.	Cirkons	$\text{Zr}[\text{SiO}_4]$	Veidojas tiešās magmatiskās un pegmatīta stadijas procesos. Kā akcesorais minerāls sastopams granītos, sienītos un sārmaino iežu pegmatītos	Magmatisko un metamorfo iežu laukakmeņos. Pludmalēs devona smilšakmeņos
4.	Dolomīts	$\text{MgCa}[\text{CO}_3]_2$	Veidojas no kaļķakmens, ja uz to iedarbojas karsti magnija sāļu šķīdumi, vai arī, izgulsnējoties tieši no šķīdumiem	Viens no izplatītākajiem minerāliem un ieziem Latvijā, kas sastopams daudzās vietās. Dolomīta veidojumi atsedzas Daugavas, Aiviekstes, Pērses, Ogres, Gaujas, Lielupes u.c. upju krastos

2.pielikuma turpinājums

Nr.p. k.	Minerāla nosaukums	Minerāla formula	Minerāla veidošanās	Sastopamība Latvijā
5.	Glaukoņīts	$(K,Na)(Mg,Fe^{2+},Al,Fe^{3+})_2(OH)_2[AlSi_3O_{10}] \cdot nH_2O$	Veidojas galvenokārt nogulumu procesos, pārveidojoties biotītam, ragmānim, laukšpatiem u.c. Sastopams atsevišķu zaļganu graudu veidā vai veido graudainus vai zemjainus agregātus	Sastopams noguluma iežos (silūra kaļķakmeņos, mālos, Rembates smilšakmenī u.c.)
6.	Ģipsis	$Ca[SO_4] \cdot 2H_2O$	Izkristalizējas no sēkliem jūras līča ūdeņiem, tiem iztvaikojot temperatūrās, kas zemākas par 63 °C. Sastopams atsevišķu kristālu veidā dažos noguluma iežos, bet visbiežāk veido šķiedrainus, graudainus, kārtainus nogulumus	Lielākās atradnes: Saurieši, Salaspils, Skaistkalne, Zvejnieki u.c. mazākas
7.	Hematīts	Fe_2O_3	Veidojas dažādos procesos. Sastopams magmatiskos dziļuma iežos, kā akcesorais minerāls uz izlijuma iežu virsmas, kā arī metamorfos un noguluma veidojumos. Visbiežāk sastopams masīvos, blīvos, slēpti kristāliskos, kā arī zemjainos agregātos	Magmatisko un metamorfo iežu laukakmeņos, kā akcesorais minerāls devona sistēmas mālos un dažos dolomītos
8.	Hlorīts	$(Mg,Fe)_6[(Si,Al)_4O_{10}(OH)_8]$	Veidošanās saistīta ar zemtemperatūras hidrotermāliem - metamorfiem, vai arī eksoģēniem procesiem. Pazīstami hlorīta metamorfie slāņekļi un jūras nogulumi	Sastopams dažu magmatisko un metamorfo iežu laukakmeņos (hlorīta slāņekļos, diabāzos u.c.), kā arī mālos

Nr.p. k.	Minerāla nosaukums	Minerāla formula	Minerāla veidošanās	Sastopamība Latvijā
9.	Ilīts	$(K, H_3O)Al_2(OH)_2 [(Si, Al)_4O_{10}] \cdot nH_2O$	Veidojas sadēdēšanas procesā no alumosilikātu saturošiem magmatiskiem un metamorfiem iežiem. Ilīts ir daudzu mālu galvenā sastāvdaļa	Gandrīz visu Latvijā sastopamo mālu galvenā sastāvdaļa
10.	Ilmenīts	$(Fe, Mg)[TiO_3]$	Veidojas galvenokārt magmatiskā procesā, izdaloties sīku kristālu veidā, veidojoties bāziskiem iežiem. Pazīstamas arī ilmenīta atradnes sārmainos iežos, tās veidojušās pneimatolītiskos, hidrotermālos un pegmatītu procesos	Kristālu ieslēgumi magmatisko iežu laukakmeņos un pludmales smiltīs. Sastopams pašreizējā krasta posmā un krasta zemūdens nogāzē Baltijas jūras un Rīgas jūras līča A piekrastē
11.	Kalcīts	$Ca[CO_3]$	Veidojas eksogēnā procesā, izgulsnējoties no ūdens šķīdumiem. Vairāku noguluma un metamorfo iežu galvenais minerāls. Veido kalķakmens, krīta, marmora, travertīna un vēl citu karbonātiežu atradnes	Galvenā permas kalķakmeņa sastāvdaļa. $CaCO_3$ saturs šajos kalķakmeņos sasniedz 95,5 %. Permas kalķakmens izplatīts Kurzemes D-dalī. Nozīmīgākās atradnes: Kūmas, Nīgrande, Auce. Atsevišķi kalcīta kristāli, drūzas, žeadas, konkrēcijas atrodamas devona dolomītos. Arī dažu metamorfo un noguluma iežu laukakmeņus veido kalcīts

Nr.p. k.	Minerāla nosaukums	Minerāla formula	Minerāla veidošanās	Sastopamība Latvijā
12.	Kaolinīts	$Al_4(OH)_8[Si_4O_{10}]$	Veidojas galvenokārt eksogēnos procesos, sadēdot alumosilikātiem skābā vidē	Devona un kvarcāra perioda mālu sastāvdaļa, tā daudzums Latvijas mālos ir no 5 līdz 25%. Kaolinīta balti izziedējumi sastopami arī uz laukšpatus saturošu laukakmeņu virsmas
13.	Kvarcs	SiO_2	Veidojas tiešā magmatiskā, pegmatīta un hidrotermālā stadijā. Daudzu skābo un neitrālo magmatisko iežu un dažu metamorfo iežu sastāvdaļa	Magmatisko un metamorfo iežu laukakmeņos (granītos, gneisos, kvarca porfīros, pegmatītos), kā arī nogulumu iežos (kvarca smiltīs, grantī, smilšakmeņos un mālos). Lie-lākās kvarca smilšu atradnes: Bāle, Bērziņi, Cīruļi (devona smiltis) un Skudras pie Rudbāržiem (juras smiltis)
14.	Limonīts	$FeOOH \cdot nH_2O$	Veidojas eksogēnā procesā. Nogulsņējas ezeros, jūras līčos un piekrastēs. Limonīts ir brūnās dzelzsrūdas sastāvdaļa	Irdenās un blīvās masās pa lielākai daļai kūdras purvu rajonos un zemjainās ezeru un upju piekrastēs. Limonīts un vēl dažu citu dzelzs hidroksīdu nogulumu tautā tiek saukti par purva, velēnu, brūno dzelzs rūdu, krāsu zemi vai dabisko okeri. Nozīmīgākās atradnes: Kazuleja, Morozovka, Talička

Nr.p. k.	Minerāla nosaukums	Minerāla formula	Minerāla veidošanās	Sastopamība Latvijā
15.	Mikroklīns	$K[AlSi_3O_8]$	Veidojas magmatiskā procesā, tiešā magmatiskā un pegmatīta stadijā. Daudzu skābo magmatisko un metamorfo iežu sastāvdaļa, arī klastisko iežu sastāvdaļa	Magmatisko un metamorfo iežu laukakmeņos (granītos, pegmatītos, gneisos u.c.), kā arī drupu iežos (smiltīs, grantī, mālos)
16.	Montmorilonīts (smektīts)	$(Ca,Na)(Mg,Al,Fe)_2(OH)_2[(Si,Al)_4O_{10}] \cdot nH_2O$	Veidojas sārmainā vidē, sadēdot vukāniskiem tufiem un pelniem. Mālus, kuros galvenais minerāls ir montmorilonīts, sauc par bentonītu vai smektīta māliem	Montmorilonīts ir triasa mālu mālainās frakcijas galvenā sastāvdaļa (vai rāk par 70 %). Šie māli atrodas tikai Latvijā DR (Rucava, Pampāji, Nīgrande, Vadakste)
17.	Muskovīts	$KAl_2(OH)_2[AlSi_3O_{10}]$	Veidojas magmatiskos un metamorfos procesos, kā arī nokāļija laukšpata metasomatiski	Magmatisko un metamorfo iežu laukakmeņos. Arī nogulumu iežos (smiltīs, smilšakmeņos, mālos). Dažreiz tautā tiek saukts par balto vizlu
18.	Olivīns	$(Mg,Fe)_2[SiO_4]$	Veidojas magmatiskā procesā. Ir viens no bāzisko un ultrabāzisko iežu nozīmīgākajiem minerāliem. Sastopams dunītos, gabro, bazaltos u.c.	Bāzisko iežu laukakmeņos, kā arī drupu iežos (smiltīs un mālos)
19.	Ortoklazs	$K[AlSi_3O_8]$	Veidojas magmatiskā procesa tiešā un pegmatīta stadijā. Ļoti izplatīts minerāls, ir daudzu skābo un neitrālo magmatisko iežu sastāvdaļa. Sastopams arī klastiskos iežos	Magmatisko un metamorfo iežu laukakmeņos (granītos, pegmatītos, porfīros, gneisos u.c.), kā arī drupu iežos (smiltīs, grantī un mālos)

Nr.p. k.	Minerāla nosaukums	Minerāla formula	Minerāla veidošanās	Sastopamība Latvijā
20.	Pirīts	FeS_2	Veidojas dažādos ģeoloģiskos procesos. Sastopams magmatiskos iežos kā aksesorais minerāls: hidrotermālās dzīslās, metasomatiskos veidojumos, kā arī nogulumai iežos	Drūzas un nelielas konkrēcijas devona dolomītos, lielākas konkrēcijas kopā ar markazītu juras sistēmas melnajos mālos, brūnoglēs, smiltīs, jo īpaši Nīgrandes un Nīkrāces apkaimē gar Ventu, Zaņu u.c.
21.	Plagioklazi	$(\text{Na,Ca})[\text{Al}(\text{Al,Si})\text{Si}_2\text{O}_8]$	Veidojas endogēnos procesos, parasti magmatiskā procesa tiešā un pegmatīta stadijā. Ir daudzu magmatisko un metamorfo iežu sastāvdaļa. Sastopami arī klastiskos iežos	Magmatisko un metamorfo iežu laukakmeņos, kā arī drupu iežos (smiltīs, grantī, un mālos)
22.	Ragmānis	$\text{NaCa}_2(\text{Mg,Fe})_4(\text{Al,Fe})(\text{OH,F})[\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{22}]$	Veidojas magmatiskā procesā. Ir daudzu magmatisko un metamorfo iežu nozīmīgs minerāls. Sastopams diorītos, sienītos, amfibolītos, ragmāņa slānekļos	Magmatisko un metamorfo iežu laukakmeņos, kā arī drupu iežos (smiltīs un mālos)
23.	Rutils	TiO_2	Sastopams intruzīvos magmatiskos iežos un hidrotermālās dzīslās	Magmatisko un metamorfo iežu laukakmeņos, kā arī drupu iežos (jūras piekrastes smiltīs, dažreiz arī mālos)

Reti sastopamie minerāli

Nr.p. k.	Minerāla nosaukums	Minerāla formula	Minerāla veidošanās	Sastopamība Latvijā
1.	Celestīns	$\text{Sr}[\text{SO}_4]$	Galvenokārt veidojas eksogēnos procesos un sastopams noguluma iežos (ģipšakmenī, dolomītā un kaļķakmenī)	Celestīna ķīlveida zilgani vai balti ieslēgumi sastopami šķiedru ģipša slāņos, it īpaši pašos augšējos. Ieslēgumiem ir raksturīga uzbūve, kas nosaukta par "konuss konusā", it kā viena otrā būtu ievietotas smailas tūtiņas
2.	Dzintars	$\text{C}_{40}\text{H}_{64}\text{O}_4$	Veidojas no terciārā perioda skuju koku sveķiem	Jūras sanesumos, visvairāk Liepājas jūrmalā, kā arī Litorīnas jūras krasta vaļņos attālāk no tagadējā krasta (Liepājas, Engures ezera, Kaņiera ezera apkārtnē u.c.)
3.	Epidots	$(\text{Ca,Ce})_2(\text{Al,Fe})_3(\text{OH})\text{O}[\text{SiO}_4][\text{Si}_2\text{O}_7]$	Veidojas kontakta metamorfisma procesā no kalcija karbonāta noguluma iežiem un kalciju saturošiem magmatiskiem iežiem	Magmatisko un metamorfo iežu laukakmeņos, sevišķi helsinkītos (granītiem līdzīgi ieži)
4.	Granāti	$\text{R}_3^{2+}\text{R}_2^{3+}[\text{SiO}_4]$, kur R^{2+} - Ca, Fe, Mg, Mn R^{3+} - Al, Cr, Fe, Mn	Veidojas magmatiskos un metamorfos procesos un sastopami kimberlītos vizlu, hlorītu, ragmāņu slānekļos, gneisos u.c. iežos	Magmatisko un metamorfo iežu laukakmeņos, kā arī drupu iežos, vairākās vietās pludmales smiltīs un augšdevona smilšainajos nogulumos. Granāts tiek uzskatīts par dimanta pavadoņminerālu

Nr.p. k.	Minerāla nosaukums	Minerāla formula	Minerāla veidošanās	Sastopamība Latvijā
5.	Kvarcs - Krams	SiO ₂	Izgulsnējas no ūdens šķīdumiem slēpti kristāliskā veidā. Visbiežāk ieslēgumu veidā atrodas krīta nogulumos	Konkrēcijas devona dolomītos, reizēm sastopams arī morēnu veidojumos
6.	Nefelīns	Na ₃ K[AlSiO ₄] ₄	Veidojas magmatiskā procesā, sastopams sārmainos magmatiskos iežos (nefelīna sienītos u.c.)	Dažu magmatisko iežu laukakmeņos
7.	Opāls	SiO ₂ · nH ₂ O	Izgulsnējas gan no karstiem, gan aukstiem šķīdumiem, kas satur koloidāli gēlveidīgo silīcija dioksīdu	Konkrēcijas devona dolomītos u.c. noguluma iežos
8.	Sērs	S	Galvenie sēra veidošanās procesi ir trīs: sublimācija no vulkāniskām gāzēm, sulfīdu daļējas oksidēšanās ceļā un, oksidējoties sērūdeņradim	Dzeltenu nogulumu veidā avotos ar sērūdeņraža saturu ūdenī (piem., Ņemeros, Baldonē u.c.)
9.	Siderīts	Fe[CO ₃]	Veidojas galvenokārt hidrotermālos procesos rūdu dziļslās, kā arī eksogēnos procesos mālos un kaļķakmeņos	Kūdrā kopā ar vivianītu zemjainās masās, atrodas arī jūras sistēmas nogulumos
10.	Titanīts jeb sfēns	CaTiO[SiO ₄]	Veidojas magmatiskos un metamorfos procesos. Magmatiskos iežos sastopams kā akcesorais minerāls, metamorfos veidojumos – kontaktu zonā ar kaļķakmeni	Ieslēgumi magmatisko un metamorfos iežu laukakmeņos, atrodas arī smiltīs
11.	Turmalīns	Na(Li,Mg,Fe,Mn,Al) ₃ Al ₆ (BO ₃)(OH,F) ₄ [Si ₆ O ₁₈]	Veidojas magmatiskā procesa pegmatīta un pneimatolītiski hidrotermālā stadijā	Magmatisko un metamorfo iežu laukakmeņos (īpaši pegmatītos), kā arī to sadēdēšanas materiālā – smiltīs

3.pielikuma turpinājums

N.p. k.	Minerāla nosaukums	Minerāla formula	Minerāla veidošanās un izplatība	Sastopamība Latvijā
12.	Vivianīts	$\text{Fe}_3[\text{PO}_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	Veidojas eksogēnā procesā kūdrājos un brūnajā dzelzsrūdā reducējošā vidē. Dažos gadījumos arī gliemežvākos un dzīvnieku kaulos.	Vairākos kūdras purvos (Mārsnēnu purvā Cēsu rajonā, Cildas purvā Kuldīgas rajonā u.c.). Zemjaini pulverveida vivianīta sakopojumi zemo purvu koku – grīšļu kūdrā. Tīrs vivianīts ir bezkrāsains, gaisa klātienē tas iegūst zilu vai melni zaļganu nokrāsu.

4.pielikums

Ļoti reti sastopamie minerāli

Nr.p. k.	Minerāla nosaukums	Minerāla formula	Minerāla veidošanās	Sastopamība Latvijā
1.	Apatīts	$\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$	Veidojas magmatiskā procesā un to atradnes koncentrējas neitrālos iežos (sienītos) un sārmainos iežos (nefelīna sienītos). Zināms arī eksogēnas izcelsmes apatīts, kas ir viens no galveniem fosfātu minerāliem	Sīki ieslēgumi magmatisko iežu laukakmeņos, silūra laukakmeņos, bruņuzivju paliekās, kā arī nogulumiežos
2.	Aragonīts	$\text{Ca}[\text{CO}_3]$	Veidojas no karstiem un aukstiem ūdens šķīdumiem. Sastopams izlijuma iežu tukšumos un minerālūdeņu nogulsnēs	Fosilo gliemežnīču čaulās
3.	Barīts	$\text{Ba}[\text{SO}_4]$	Galvenokārt veidojas hidrotermālā procesā un sastopams dzīslu veidā krāsaino metālu atradnēs	Devona sistēmas dolomītos kopā ar kalcīta kristālu drūzām, kā arī silūra kalnakmeņos

Nr.p. k.	Minerāla nosaukums	Minerāla formula	Minerāla veidošanās	Sastopamība Latvijā
4.	Brošantīts	$\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$	Veidojas vara saturošo sulfīda rūdu oksidēšanās kārtā sausā klimatā	Zaļā uzsūbējuma kārtiņa, kas izveidojas uz varu saturošiem priekšmetiem, atmosfēras ietekmē (jumtiem, mākslas priekšmetiem un skulpturāliem veidojumiem)
5.	Dzelzs vitriols jeb melanterīts	$\text{Fe}[\text{SO}_4] \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Veidojas eksogēnā procesā, sadēdot pirītam, markazītam, pirotīnam. Sastopams sērkolčedānu rūdu atradnēs kā šo rūdu oksidācijas veidojums	Daudzu avotu ūdeņu šķīdumos
6.	Epsomīts	$\text{Mg}[\text{SO}_4] \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Izgulsnējas no magnija sulfātu saturošiem ūdens šķīdumiem temperatūrās, kas augstākas par 31 °C, veidojot graudainus, šķiedrainus vai zemjainus agregātus	Dažreiz sastopams zemjainu nogulumu veidā uz dolomītiem
7.	Grafīts	C	Veidojas magmatiskā, kontakta-pneimatolītiskā un metamorfā procesā un tā atradnes ir saistītas ar šāda tipa iežiem	Sīku, atsevišķu graudiņu veidā magmatisko un metamorfo iežu laukakmeņos
8.	Halīts	NaCl	Veidojas eksogēnā procesā, izgulsnējo ties no piesātinātiem ūdens šķīdumiem ezeros un jūras līčos. Pazīstams arī vulkāniskās izcelsmes halīts	Izšķīdušā veidā atrodas vairākos pazemes sāļūdeņos (mineralizācijas pakāpe 1 – 35 g/l – Valmieras, Mangaļu, Siguldas, Piltenes minerālūdeņi), sālsūdeņos (mineralizācijas pakāpe > 35 g/l, bieži pat > 100 g/l – Mežciema, Adzes, Pļaviņu urbuma ūdeņi)

Nr.p. k.	Minerāla nosaukums	Minerāla formula	Minerāla veidošanās	Sastopamība Latvijā
9.	Malahīts	$\text{Cu}_2(\text{OH})[\text{CO}_3]$	Veidojas vara rūdu at-radņu augšējos slāņos, oksidējoties primāriem varu saturošiem minerāliem	Devona dolomītos un silūra smilšakmeņos
10.	Manganīts	$\text{Mn}^{2+}\text{Mn}^{4+}\text{O}_2(\text{OH})_2$	Veidojas eksogēnā procesā, sadēdot mangānu saturošiem minerāliem un iežiem	Bruņu zivju paliekās devona sistēmas mālos
11.	Markazīts	FeS_2	Veidojas hidrotermālos procesos drūzu tukšumos, vai kā uzsūbējums uz kvarca vai citu sulfīdu minerālu kristāliem	Konkrēcijas juras sistēmas veidojumos
12.	Prenīts	$\text{Ca}_2\text{Al}[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2]$	Veidojas hidrotermālos, pneimatolītiskos procesos, bāzisko magmatisko iežu tukšumos – plaisās un metamorfos iežos	Mandeļiežu laukakmeņos, kas sastopami Kurzemes R piekrastē (Pāvilostā, Užavā). Par mandeļiežiem sauc magmatiskos izlijuma iežus, kuru poras ir aizpildītas ar sekundāriem minerāliem (kalcītu, halcedonu, prenītu u.c.)
13.	Serpentīns	$\text{Mg}_6(\text{OH})_8[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$	Veidojas metasomatiskos procesos no ultrabāzisko magmatisko iežu primāriem minerāliem (olivīna, piroksēniem) un dolomīta	Sastopams dažu metamorfo iežu laukakmeņos
14.	Galenīts	PbS	Veidojas hidrotermālos procesos kopā ar sfalerītu u.c. sulfīdiem	Atsevišķi graudiņi devona dolomītos

LITERATŪRA

1. Bauer J., Bauer A. Edelstein. - Prague, Artia, 1966. – 143 p.
2. Берри Л., Мейсон Б., Дитрих Р. Минералогия. – Москва, Мир, 1987. – 592 с.
3. Бетехтин А. Минералогия. – Москва, Гос. изд-во геолог. лит-ры, 1950. – 956 с.
4. Болдырев А., Разумовский Н., Черных В. Курс минералогии. - Л.-М. Главная редакция геол.-разведочн. и геодезической литературы, 1936. – 1052 с.
5. Dreimanis A., Liepiņš P. Latvijas minerāli un ieži. – Rīga, Universitātes apgāds, 1942. – 312 lpp.
6. Hammond C. The Basics of Crystallography and Diffraction. – Oxford University Press, 2001. – 331 p.
7. Корнилов Н., Солодова Ю. Ювелирные камни. – Москва, Недра, 1982. – 240 с.
8. Костов И. Минералогия. - Москва, Мир, 1971. – 584 с.
9. Kuršs V., Stinkule A. Latvijas derīgie izrakteņi. - Rīga, LU, 1997. – 200 lpp.
10. Лазаренко Е. Курс минералогии. - Москва, Высш. школа, 1971. – 607 с.
11. Minerals, rocks and precious stones. – Blitz Editions, 1998. – 215 p.
12. Nesse W.D. Introduction to Mineralogy. - USA, Oxford University Press, 2000. – 442 p.
13. Ричард С. Митчелл. Названия минералов. – Москва, Мир, 1982. – 248 с.
14. Rock & Mineral. – Eyewitness guides. Great Britain, Dorling Kindersley Book, 1995. – 64 p.
15. Schumann W. Gemstones of the world. - New York, Sterling Publishing, 1997. – 271 p.
16. Sedmalis U., Šperberga I. Kristalogrāfija un kristālķīmija. – Rīga, RTU, 2003. – 189 lpp.

17. Sedmalis U., Šperberga I., Sedmale G. Latvijas minerālās izejvielas un to izmantošana. Ar ievadu mineraloģijā un petrogrāfijā. – Rīga, RTU, 2002. – 198 lpp.
18. Stinkule A., Kļaviņš M. Ģeoķīmijas pamati. – Rīga, LU, 2000. – 255 lpp.
19. Шафрановский И.И. Очерки по минералогической кристаллографии. – Ленинград, Недра, 1974. – 152 с.
20. Штрунц Х. Минералогические таблицы. – Москва, Гос.науч.-техн. Изд-во лит-ры по горному делу, 1962. – 530 с.
21. Торопов Н., Булак Л. Кристаллография и минералогия. – Ленинград, Изд-во литературы по строительству, 1972. – 503 с.
22. Wenk H.-R., Bulakh A. Minerals. – Cambridge University Press, 2004. – 646 p.
23. Химия боратов. – Рига, Изд.-во АН Латв.ССР, 1953. – 123 с.
24. Хёрлбат К., Клейн К. Минералогия по системе Дена. – Москва, Недра, 1982. – 728 с.
25. Amethyst Galleries, Inc. (1995 - 2004) <http://mineral.galleries.com>

Uldis Sedmalis
Ingunda Šperberga

MINERALOĻIJA

Redaktore D.Pakalniņa

Parakstīta iespiešanai 12.04.2005. Reģ.apl. Nr. 2-0282. Formāts 60x84/16.
Ofsets. Ofseta papīrs. 16,75 iesp.l., 12,25 uzsk. izd.l. Metiens 200 eks.
Pasūt. Nr.27. Līgumcena. Iespiests RTU tipogrāfijā, Kaļķu ielā 1, Rīga, LV-1658.

UNIVERSITÄT
ERLENBERG

**OBLIGĀTAIS
EKSEMPLĀRS**

51-

LATVIJAS NACIONĀLA BIBLIOTEKA



0305042533

2005-4
L 156

No mineraloģijas smeltās zinātniskās atziņas ir teorētiskā bāze tehnisko jeb mākslīgo materiālu izstrādei. Vienmēr jāatceras, ka izvēloties materiāla tehnoloģiju, jāvadās no pastāvošām likumsakarībām dabā. Cilvēks nav spējīgs radīt jaunus dabas likumus un procesus, kas it kā pastāvētu "ārpus" dabas un būtu pārāki par tiem. Cilvēks tos laika gaitā var tikai pakāpeniski izziņāt un ar attiecīgas tehnoloģijas palīdzību izmantot savā labā. Jāatceras, ka jebkuram mākslīgi iegūtam materiālam vai vielai un tā radīšanas procesam jeb tehnoloģijai atrodams analogs starp minerālu un to agregātu veidošanās procesiem. Tas nozīmē to, ka tikai, pārzinot un, vadoties no minerālu un to agregātu (iežu jeb dabisko akmeņu) procesiem, ir iespējams izstrādāt visracionālāko materiālu tehnoloģiju, jo vispilnīgākie un niansētākie ir dabiskie procesi. Vēl joprojām daudzi minerālu veidošanās fizikāli ķīmiskie procesi nav izziņāti. Cilvēcei jāsamierinās tikai ar vizuālu galarezultāta konstatējumu.



Rīga, 2005