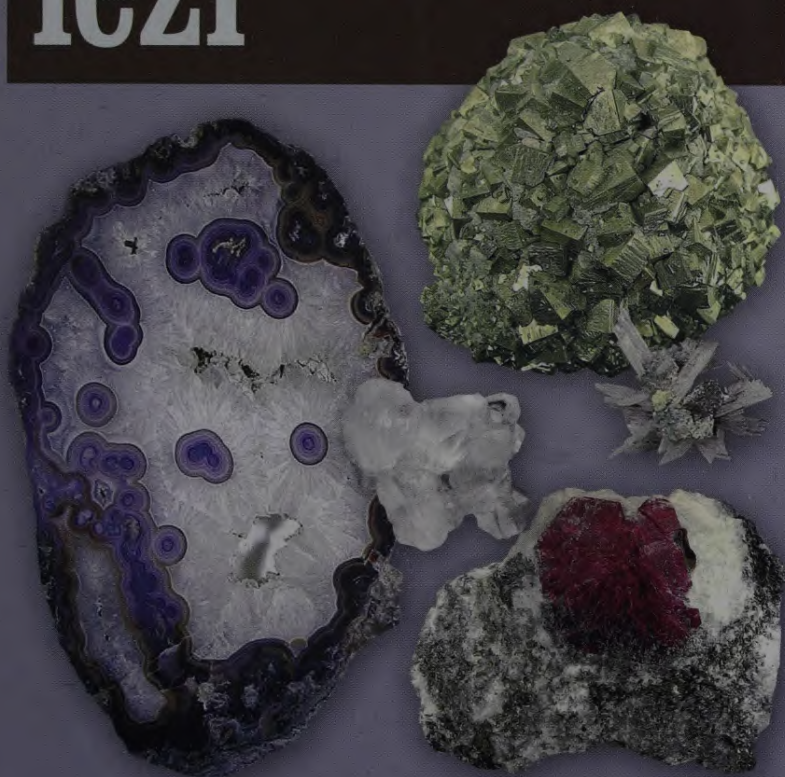


Valdis Segliņš

Minerāli un ieži



1. daļa **Minerāli**

24429

2008-4

32

L
59

BIBLIOTĒKA
Latvijas Nacionālā

Valdis Segliņš

Minerāli un ieži

1. daļa

Minerāli

RaKa

Latvijas Nacionālā
BIBLIOTĒKA

0308019057

Recenzenti: prof., Dr. ģeol. Vitālijs Zelčs
asoc. prof., Dr. ķīm. Jānis Švirksts

Redaktors Oskars Lapsiņš

Dizains un
datorgrafika Baiba Lazdiņa

© V. Segliņš

ISBN 978-9984-15-892-1

© Izdevniecība RaKa, 2007

SIA "Izdevniecība RaKa" K. Barona ielā 130, k. 6, Rīgā, LV-1012, tālr. 67312668

E-pasts: pasts@raka.lv, mājaslapa: <http://www.raka.lv>

Izdevējdarbības reģistrācijas apliecība Nr. 2-0471

Realizācijas daļa – tālr. 67291875

Iespests SIA "Izdevniecība RaKa" tipogrāfijā

Saturs

Priekšvārds	5
1. Zemes garoza un tās sastāvs	6
2. Minerāli.....	9
2.1. Minerāli dabā	9
2.2. Nedaudz vēstures	12
2.3. Minerālu klasifikācija.....	14
2.4. Minerālu sastāvs un ķīmiskā klasifikācija	18
2.5. Minerāli kā kristāliskas vielas	22
2.5.1. Kristālu morfoloģija.....	28
2.5.2. Minerālu kristālu formas dabā.....	40
2.6. Minerālu dabiskie agregāti.....	42
2.7. Minerālu fizikālās īpašības	44
3. Minerālu veidošanās.....	59
4. Svarīgāko minerālu raksturojums.....	62
4.1. Tīrradņu elementu klase	62
4.1.1. Tīrradņu metāli.....	62
4.1.2. Nemetālu tīrradņi	66
4.1.3. Citi tīrradņu minerāli.....	70
4.2. Sulfīdu klase (sulfīdi, telurīdi, arsenīdi, antimonīdi un bismutīdi).....	70
4.2.1. Vienkāršie sulfīdi	71
4.2.2. Dubultie sulfīdi	79
4.2.3. Disulfīdi un to analogi	80
4.2.4. Kompleksie sulfīdi jeb sulfosāļu minerāli	82
4.2.5. Telurīdi, arsenīdi, antimonīdi un bismutīdi	83
4.3. Halīdu klase.....	89
4.3.1. Vienkāršie halīdi	90
4.3.2. Kompleksie halīdi	92
4.4. Oksīdu (oksīdu un hidroksīdu) klase	94
4.4.1. Vienkāršie oksīdi	94
4.4.2. Saliktie oksīdi	102
4.4.3. Hidroksīdi	108
4.5. Karbonātu un borātu klase.....	112
4.5.1. Vienkāršie bezūdens trigonālas singonijas karbonāti	113

4.5.2. Vienkāršie bezūdens rombiskas singonijas karbonāti	117
4.5.3. Saliktie karbonāti	118
4.5.4. Borāti	120
4.5.5. Nitrāti	122
4.6. Sulfātu klase	123
4.6.1. Bezūdens sulfāti	123
4.6.2. Ūdens molekulas saturoši sulfāti	126
4.6.3. Kompleksie sulfāti	127
4.6.4. Hromāti, volframāti un molibdāti	129
4.7. Fosfātu un arsenātu klase	132
4.7.1. Fosfāti	132
4.7.2. Arsenāti	135
4.7.3. Uranilfosfāti un uranilvanadāti	136
4.8. Silikātu klase	136
4.8.1. Salu struktūras silikāti	139
4.8.2. Gredzenu struktūras silikāti	145
4.8.3. Ķēdīšu struktūras silikātu minerāli	149
4.8.4. Lentu struktūras silikātu minerāli	154
4.8.5. Slāņu vai lapveida struktūras silikātu minerāli	157
4.8.6. Karkasa struktūras silikātu minerāli	166
4.11. Organiskie minerāli	172
4.12. Sintētiskie minerāli	175
Papildu literatūra	176
Biežāk sastopamo minerālu alfabētisks rādītājs	178
Minerālu noteikšanas tabulas	184
1. Tīrradņu minerālu klase	184
2. Sulfīdu klase	186
3. Halīdu klase	192
4. Oksīdu klase	193
5. Karbonātu un borātu klase	198
6. Sulfātu klase	201
7. Fosfātu un arsenātu klase	204
8. Silikātu klase	206
Raksturīgas minerālu īpašības to diagnostikai	219
Minerālu attēli	229

Priekšvārds

Grāmata ir paredzēta dabaszinību un ģeogrāfijas skolotājiem kā palīglīdzeklis darbam galvenokārt vidusskolā. Tā var noderēt pirmo kursu studentiem, kas vēlas iegūt pamata zināšanas par minerāliem. Grāmata veidota kā norādījumi interesentiem – kā ar vienkāršām metodēm makroskopiski noteikt pasaulē biežāk sastopamos minerālus. Tā ir iecerēta minerālu noteikšanai laukā praktiskajos darbos, ekskursijās, praksēs, vai vienkārši apmierinot savu zinātkāri, neizmantojot lauka pētījumiem nepiemērotas mikroskopiskās, ķīmiskās un citas analīzes.

Tā nav mācību grāmata un nepieciešamo zināšanu avots ģeoloģijas studentiem specializētosursos petrogrāfijā, mineralogijā vai kristalogrāfijas pamatos.

Izdevums ir papildināts ar minerālu pamata īpašību tabulām un raksturīgiem minerālu attēliem. Tie ir izmantojami tikai mācību, studiju un pētījumu vajadzībām. Jebkuram citam pievienoto attēlu lietojumam ir nepieciešama rakstiska atļauja.

Izdevumam ir pievienots informatīvais pielikums – kompaktdisks ar raksturīgiem minerālu attēliem. Tas atvieglos lasītājiem iepazīšanos ar minerāliem un to daudzveidību, tomēr attēlus drīkst izmantot tikai mācību vajadzībām.

1

Zemes garoza un tās sastāvs

Priekšstati par Zemes izcelšanos un attīstību, iekšējo uzbūvi, ķīmisko sastāvu un fizikālajām īpašībām, kā arī saimnieciskajā dzīvē izmantojamām dabas bagātībām mainās un pēdējo gadsimtu laikā regulāri tiek pārskatīti. Paredzams, ka arī nākamajos 20–30 gados mūsu zināšanas papildināsies un priekšstati nākotnē var nozīmīgi atšķirties no pašreizējiem. Tā pēdējā pusgadsimtā jaunie atklājumi mainīja mūsu priekšstatus par Zemes formu, attiecībām ar citiem debess ķermeņiem, Zemes fizikālajiem laukiem un īpašībām, Zemes garozas kustībām un plātņu tektoniku, daudz sarežģītāku un dažādi interpretējamo dzīvības attīstības gaitu un tamlīdzīgi. Zemes vecums mūsdienās tiek lēsts jau vismaz pieci miljardi gadu, Zemes iekšējā uzbūvē pēc fizikālajām īpašībām kā pamata elementi tiek izdalīti 5–6 atšķirīgi slāņi, aktīvajā saimnieciskajā dzīvē ir iekļautas dzīles līdz pat 10 kilometru dziļumam. Mūsdienu tehnikas attīstības līmenis un ekonomiskie apsvērumi faktiski ir vienīgie ierobežojošie faktori, jo zināšanas par Zemes dziļu augšējo kārtu ir ļoti papildinājušās un mūsdienās aptver ne tikai kontinentus, bet arī okeānus un ar ledu klātos polāros apgabalus.

Tomēr joprojām galvenais pētījumu priekšmets ir Zemes garozas pati augšējā kārtā līdz dažu kilometru dziļumam, un atklājumi šajā jomā kalpo par pamatu gandrīz visām teorētiskajām un praktiskajām ģeoloģijas atziņām, tostarp zināšanām par Zemes vielisko sastāvu.

Zemi pēc tās īpašībām un ķīmiskā sastāva parasti iedala vairākās daļās (kārtās jeb ģeosfērās). No tām svarīgākās ir garoza, mantija un kodols. Pēc īpašībām kā atšķirīgas nodala okeānisko un kontinentālo Zemes garozu (sk. 1. tabulu).

Tieši Zemes garoza atšķiras ar ģeoloģisko apstākļu, uzbūves un sastopamo iežu daudzveidību, kā arī procesu dinamismu un

1. tabula. Zemes garozas tipu raksturīgās īpašības

Zemes garoza	Biezums, km	Dominējošie ieži	Blīvums, g/cm ³	Vecums, mlj. gadi
Okeāniskā	5–8	Bazalti (<50% SiO ₂)	> 3	Līdz 250
Kontinentālā	30–60	Granīti (>60% SiO ₂)	< 2,85	Līdz 4700

savstarpējām mijiedarbībām. Jaunākie pētījumi rāda, ka arī mantiņas uzbūve ir daudz sarežģītāka un neviendabīgāka, nekā vēl nesenu domāja.

Dziļāk iegulošās mantiņas īpašības līdz šim ir zināmas tikai netieši un ir rekonstruētas pēc tās fizikālajām īpašībām. Mantiņas augšējo slāni nošķir pēc Moho robežas – tā ir robeža, kas norāda uz mantiņas vielas agregātstāvokļa maiņu no cieta (ārējā kārtā) uz viskozi šķidru (zem Moho robežas). Izšķir trīs mantiņas slāņus:

- ✓ augšējā mantiņa ir dziļumā līdz 400 km, veidojot aptuveni 10% no Zemes masas; pēc fizikālajām īpašībām ir noteikts, ka šo slāni veido peridotīti, eklogīti, olivīns, špinnelis, ragmāņi un piroksēni, perovskīts un oksīdi;
- ✓ pārejas zona veido aptuveni 17% no Zemes masas, tā ir 400–670 km dziļumā un drīzāk ir plastiska viela, kas sastāv no magnija un silīcija oksīdiem;
- ✓ apakšējā mantiņa atrodas dziļāk, līdz pat 2900 km, un tā veido aptuveni 41% no visas Zemes masas. Tās raksturīgākā pazīme ir silīcija atomu koordinācijas maiņa no 4 uz 6.

Dziļāk atrodas dzelzs un niķeļa sastāva Zemes kodols, kurā dominē ķīmiskie elementi šādā secībā: dzelzs un skābeklis, sērs un ne-saistīts niķelis. Pēc fizikālajām īpašībām Zemes kodolā nodalās divi slāņi – ārējais kodols (šķidr, 2900–5150 km dziļumā, veido līdz 30% no Zemes masas) un iekšējais kodols (ciets, 5150–6378 km dziļumā no Zemes virsas un veido aptuveni 2% no Zemes masas).

Par dziļāk iegulošo iežu un minerālu sastāvu datu joprojām ir ļoti maz, un līdz šim detalizēti ir pētīti tikai Zemes garoza. Ir zināms, ka tās vidējais ķīmiskais sastāvs nav sarežģīts. Zemes garozas pamata masu veido tikai daži ķīmiskie elementi. Nesenu veiktie atkārtotie ap-rēķini apstiprina agrākos novērtējumus (sk. 2. tabulu).

2. tabula. Zemes garozas vidējais ķīmiskais sastāvs (pēc masas). Novērtējumi ar pusgadsimta intervālu

Ķīmiskie elementi	Pēc J. Valtona, 2001	Pēc A. Vinogradova, 1949
Skābeklis	46,6	47,0
Silīcijs	27,7	27,5
Alumīnijs	8,1	8,6
Dzelzs	5,0	5,0
Kalcijs	3,6	3,5
Nātrijs	2,8	2,5
Kālijs	2,6	2,5
Magnijs	2,1	2,0
Kopā	98,5%	98,6%

Zemes garozas atsevišķu daļu sastāvs un uzbūve ir visai atšķirīgi, jo tās veidotas no daudziem sastāva un īpašību ziņā atšķirīgiem iežiem. Šīs atšķirības var konstatēt gan vizuāli (pēc krāsas, biežuma, viendabības vai kārtainuma un tamlīdzīgi), gan ar vienkāršiem instrumentiem nosakot cietību, ķīmisko noturību, blīvumu, kā arī mērot magnētiskās un termiskās īpašības, elektrovadītspēju vai dabisko radioaktivitāti. Iepazīstoties ar iežiem detalizētāk, var viegli konstatēt, ka tiem ir visai atšķirīga uzbūve – tie var būt veidoti no rupjākiem vai smalkākiem graudiem, var būt blīvi un viengabalaini vai poraini, irdeni vai plastiski un tamlīdzīgi. Tomēr svarīgākais ir novērojums, ka daži atsevišķie graudiņi savā starpā ir līdzīgi vai pat vienādi, un lielāko daļu graudiņu pēc to īpašībām var grupēt. Tie ir minerālu graudiņi.

Ņemot vērā, ka gandrīz visi ieži sastāv no ļoti daudzām sīkam minerālu veidotām daļiņām, kļūst saprotams, ka katra ieža īpašības ir atkarīgas no tā, kāds ir iezis veidojošo minerālu graudiņu ķīmiskais sastāvs un fizikālās īpašības, kāda ir atsevišķo graudiņu forma, izvietojums un nozīme kopējā ieža masā. Sava loma noteikti ir arī paša ieža veidošanās apstākļiem un tam, cik būtiski iezis un tā veidojošie minerāli ir tikuši pakļauti vēlākām izmaiņām. No šīm īpatnībām atkarīgs arī katra konkrēta ieža nosaukums, kas satur sevī norādes par ieža veidošanos, īpašībām un nereti arī iespējām to izmantot. Tomēr vispirms ir jāpazīst minerāli un jāprot tos atšķirt citu no cita.

2

Minerāli

Mineraloģija ir zinātne par minerāliem: to ķīmisko sastāvu, formām, kuras tie veido dabā, uzbūvi, fizikālajām īpašībām, par minerālu veidošanos, izplatības un izvietojuma likumsakarībām. Zinot lielu minerālu dažādību, saprotamas ir arī daudzās un visai atšķirīgās minerālu definīcijas. Tām ir visai daudz kopēja – tiek akcentēts, ka tās ir ķīmiski viendabīgas, galvenokārt kristāliskas vielas, kas veidojušās ģeoloģisko procesu iespaidā (*Nickel E. H.*, 1995), nereti tos raksturo kā ķīmiski viendabīgus un sastāva ziņā prognozējamus veidojumus ar noteiktām fizikālajām īpašībām (*Dana & Ford*, 1932, *O' Donoghue*, 1990) vai papildina ar nosacījumu, ka minerālos ķīmiskie elementi ir sakārtoti noteiktā kārtībā (*Mason u. c.*, 1968). Kopsavilkumu par minerāla definīcijām sniedz *J. Smits (Smyth J. R.*, 2004), norādot, ka “minerāli ir dabas veidoti viendabīgi cieti veidojumi ar sev raksturīgu ķīmisko sastāvu un noteiktu atomu kārtojumu kristāliskajā režģī, parasti minerāli veidojas neorganisku procesu ietekmē”.

Tā ir pietiekami sarežģīta definīcija, kas laika gaitā ir kļuvusi arvien komplikētāka, lai apzīmētu sākotnējo vārda *minera* nozīmi – rūdas gabals, paraugs. Dabā minerāli veido cietus kristāliskus graudus vai sastopami kā amorfas vielas, nereti minerāli ir arī šķidri vai gāzveida. Daļa no tiem ir sakopoti lielās salīdzinoši viendabīgās masās un veido iežus, pārējie atrodas iežos ieslēgumu veidā.

2.1. Minerāli dabā

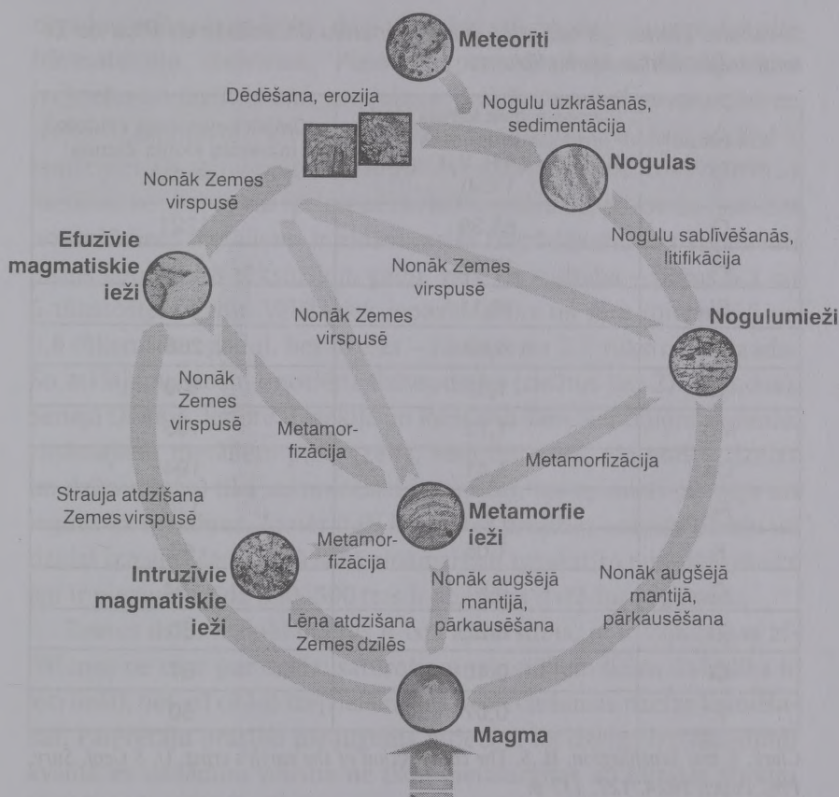
Gandrīz visi minerāli uz Zemes ir radušies dabiskos ģeoloģiskos procesos. Vienīgais zināmais izņēmums ir meteorītu un citu debess ķermeņu pienestie veidojumi, ja neņem vērā cilvēka mākslīgi veidotos minerālus. Minerāli, kas radušies Zemes dzīlēs vai tās virspusē,

var ilgstoši atrasties tikpat kā nemainīgi, ja vien fizikālie un ķīmiskie apstākļi saglabājas noteiktās robežās. Ja pēc minerālu izveidošanās fizikālie un ķīmiskie apstākļi un apkārtējās vides sastāvs būtiski mainās, notiek sākotnējo minerālu īpašību un sastāva pārvērtības: tie sāk noārdīties, veidojas jauni minerāli vai to sakopojumi, kas ir vairāk piemēroti jaunajiem termodinamiskajiem apstākļiem. Šādas minerālu pārvērtības notiek nepārtraukti, bet to ātrums var būt ļoti dažāds. Tādējādi paši minerāli, kurus pētām un nosakām Zemes virsējos slāņos, ir kāds šādu bezgalīgu dabas pārvērtību posms, un minerāli ir šo pārvērtību liecinieki un rezultāts.

Ir zināmi minerāli, kuru izmaiņas notiek lēni, un tās nav mērojamas ar cilvēka mūža garumu vai pat ģeoloģisko laiku (piemēram, daļa silikātu), turpretī citi minerāli ir izteikti neizturīgi pret ārējo apstākļu maiņu un var strauji izmainīties Saules gaismas, gaisa vai mitruma ietekmē. Tādi ir, piemēram, halīts, mirabilīts, arī vivianīts, ledus. Tāpēc Zemes garozas veidošanā dažādiem minerāliem ir visai atšķirīga nozīme. Daļa no tiem ir noturīgi, stabili un, mainoties spiedienam, temperatūrai un videi, ir spējusi saglabāties. Citi savukārt ir dinamiski un vairākkārt ir mainījuši savu minerālo formu, asociācijas un aktīvi piedalās Zemes garozas sastāva un īpašību pārmaiņās. To sauc par minerālu vai iezu aprites ciklu, kas noturīgiem minerāliem var ilgt miljardiem gadu, bet aprītē aktīviem – tikai dažas minūtes vai stundas (sk. 1. attēlu).

Lielākā daļa minerālu uz Zemes ir sastopami cietu ķermeņu veidā, salīdzinoši neliels ir šķidro un gāzveida minerālu skaits, un tos ar ļoti retiem izņēmumiem neapskata tradicionālā mineraloģija. Patlaban ir zināmi aptuveni 2500 minerālu, bet to nosaukumu skaits, ievērojot dažādus minerālu paveidus, pārsniedz piecus tūkstošus. Ņemot vērā dažādus sinonīmus un vēsturiski radušos nosaukumus, kā arī mākslīgi veidotos minerālus, kopējais terminu skaits sasniedz gandrīz astoņus tūkstošus.

Jaunatklātos minerālus reģistrē Starptautiskā mineraloģijas asociācija (IMA) pēc noteiktas pārbaudes un analīžu procedūras, un pat šāda stingra kārtība ļauj katru gadu reģistrēt līdz vairākiem desmitiem jaunu minerālu. No šā saraksta ik gadu izslēdz arī aptuveni tādu pašu skaitu kļūdaini noteiktu minerālu. Līdz ar to zināmo minerālu kopējais skaits jau vairākus gadus desmitus ir salīdzinoši stabils. Tomēr lielākā



1. attēls. Iežu cikls dabā

daļa līdz šim zināmo minerālu Zemes garozā sastopami ļoti reti, tie ir dabas retumi, kam nav praktiskas nozīmes. Uzskatāmi to parāda (sk. 3. tabulu) zināmo minerālu skaita atkarība no ķīmisko elementu izplatības Zemes garozas augšējā kārtā – līdz 16 kilometru dziļumam, kā arī ieskaitot biosfēru un atmosfēru. Ķīmisko elementu izplatību Zemes garozā nosaka klarkos. Šī mērvienība ir nosaukta F. Klarka vārdā, kurš 1899. gadā pirmo reizi veica šādus aprēķinus.

Tabulas dati norāda uz visai lielu dabā sastopamo minerālu skaitu, bet plašāk izplatīti ir tikai aptuveni 300 minerālu, no tiem lielākā daļa veido iežus, un tiem ir tautsaimnieciska nozīme. Tos minerālus, kas ir izplatīti visplašāk, sauc par iežus veidojošiem jeb petrogēniem (kardināliem), un to skaits Zemes garozā nepārsniedz piecdesmit.

3. tabula. Zemes garozā sastopamo minerālu dažādības atkarība no Zemes ārējās kārtas klarku lieluma

Ķīmiskais elements	Zemes ārējās kārtas klarki (masas procentos pēc F. Klarka un H. Vašingtona, 1924)	Ķīmiskā elementa veidoto minerālu skaits Zemes garozā
O	53,39	1221
H	17,25	798
Si	16,11	377
Al	4,80	268
Na	1,82	100
Mg	1,72	105
Ca	1,41	194
Fe	1,31	170
K	1,05	43
C	0,51	194
Ti	0,22	30
Cl	0,10	67
F	0,07	50

Clark, F. and Washington, H. S. The composition of the earth's crust, U. S. Geol. Surv. Prof. Paper, 1924, 127, 117 p.

2.2. Nedaudz vēstures

Minerālu apzināšanas un klasifikācijas vēsture ir vairāk nekā divus tūkstošus gadu ilga, un tās pirmsākumi nav zināmi. Zināms, ka pirmie minerāli, ko cilvēks ir atklājis un sācis izmantot, ir krams, sāls un dažādi mālu minerāli, vēlāk arī dažādas dabiskās krāsvielas. Tie ir senākie laiki, kurus ne velti sauc par akmens, nevis minerālu vai iežu laikmetu. Nebūtu pareizi, ja nepieminētu arī pazemes ūdeni, kas arī ir dabas veidots šķidrums minerāls un kam noteiktos apstākļos ir labi zināma kristāliska forma – ledus. Šajā laikā bija zināmi 100–120 minerāli.

Turpmākajos gadsimtos, kurus sauc par agro metālu laikmetu, tiek iepazītas viegli kūstošo varu saturošo minerālu rūdas, kā arī

tīrradņu zelts un sudrabs, daži dārgakmeņi, daudzas jaunas dabisko būvmateriālu izejvielas. Pieaugot prasmēm apstrādāt dažādas izejvielas un iegūt jaunus produktus, palielinās prasības attiecībā uz izejvielu daudzumu un kvalitāti. Nav precīzi zināms, kad cilvēks ir iemācījies atpazīt, iegūt un saimnieciskajā dzīvē izmantot konkrētos metālus, bet par to var spriest pēc senākiem atrastiem izstrādājumiem no dažādiem metāliem. Ir zināmi zelta izstrādājumi, kas izgatavoti pirms aptuveni 8 tūkstošiem gadu, vara un sudraba – pirms 6,2 un 6 tūkstošiem gadu. Vēlāk tiek iepazīts svins un alva (pirms 5,5 un 3,8 tūkstošiem gadu), bet dzelzs – tikai pirms 3,5 tūkstošiem gadu. Šo atklājumu posmu noslēdz dzīvsudrabs (zināms jau 2750 gadus). Senajā Divupē, Ēģiptē, Grieķijā un Romā no šiem septiņiem vissenāk zināmajiem metāliem pieci (zelts, sudrabs, varš, meteorītu dzelzs un dzīvsudrabs) tika saimnieciski izmantoti, tos apzināti meklēja un ieguva kā tīrradņus. Tomēr tieši kvalitātes prasības noteica pāreju uz dzelzs izmantošanu. Šajā laikā zināmais un aprakstīto minerālu skaits jau ir pieaudzis līdz 300–500 (tas ir atšķirīgs dažādos reģionos).

Zemes dziļi izziņāšanā tas ir īsts apvērsums, jo ir vajadzīgas ziņāšanas ne tikai par dzelzi saturošiem minerāliem (kuru dažādība ir ļoti liela), bet arī citām izejvielām, kas nepieciešamas dzelzs kausēšanai. Patērētāju prasību pieaugums attiecībā uz dzelzs izstrādājumu kvalitātes dažādību veicina ne tikai metalurģijas un ķīmijas strauju attīstību, bet arī vajadzību pieaugumu pēc izejvielām un dažādām minerālām piedevām. Tas ir mineraloģijas “zelta laikmets”, kura laikā tiek apzināti gandrīz visi patlaban pazīstamie minerāli un to dažādība. Tas ir laiks ar daudziem atklājumiem un jauniem piedāvājumiem metālu ražotājiem. Tādējādi zināmo minerālu skaits pārsniedz vairākus tūkstošus.

Tomēr, dažādojoties patēriņam un ražošanas tehnoloģijām, ne visi noteiktu īpašību minerāli Zemes garozā ir sastopami nepieciešamajā daudzumā vai to ieguve ir ekonomiski nepamatota. Tāpēc dabas minerāli tiek veidoti mākslīgi, un tā ir mūsdienu minerālu pētniecības raksturīgākā iezīme – pētniecības priekšmets ir ne tikai dabas veidoti, bet arī mākslīgi iegūti minerāli (minerālu sintētiski analogi) un pētījumi par apstākļiem, kādus nepieciešams radīt, lai iegūtu minerālus ar noteiktām īpašībām. Mūsdienās gandrīz nav tādu dabā radušos minerālu, kuru sintētiskais analogs nebūtu iegūts

vai nebūtu zināmas tehnoloģijas, kā to izdarīt. Līdz ar to minera-
loģija kā vienota zinātnes nozare pagājušajā gadsimtā, neilgi pirms
Otrā pasaules kara, sadalās divos novirzienos. Viens pēta dabiskos
minerālus, otrs – mākslīgus veidojumus un to sintēzes apstākļus.
Līdz ar to zināmo minerālu skaits vairs nav tieši nosakāms, jo ļoti
daudzi minerāli tiek iegūti mākslīgi – tikai kā starpprodukti turpmā-
kiem pētījumiem.

2.3. Minerālu klasifikācija

Senākie zināmie rakstu avoti liecina, ka Senajā Grieķijā bija pazī-
stamas vairākas metālu rūdas, sāļi un būvniecībā izmantojami ieži un
minerāli. Tos mēģināja klasificēt sengrieķu zinātnieks un filozofs Aris-
totelis, kas nodalīja minerālus, no kuriem var iegūt metālus (metalo-
īdi). Šo darbu papildināja viņa skolnieks Teofrasts, kurš aprakstīja jau
17 atsevišķus minerālus, galvenokārt dārgakmeņus. Tomēr pilnīgāko
seno zināšanu un dažādu nostāstu apkopojumu četros traktātos ir
atstājis Plīnijs Vecākais. Par turpmākajos gadsimtos veiktajiem pētī-
jumiem nav rakstisku liecību līdz laikam, kad 11. gadsimtā Horezmā
matemātiķis un dabas pētnieks Biruni sniedz tajā laikā zināmo mine-
rālu aprakstu, kā arī pirmo reizi salīdzina to īpašības, par pamatu iz-
vēloties relatīvo cietību un blīvumu. Aptuveni tajā pašā laikā Avicenna
(Ibn Sīna) traktātā par akmeņiem klasificēja minerālus četrās pamata
grupās (klasēs): akmeņi un zemjaini veidojumi, degoši vai sēru satu-
roši minerāli, sāļi un metāli.

Ikdienā sadzīvē ir viegli konstatēt, ka minerālus savstarpēji var sa-
līdzināt un atšķirt pēc sastāva un īpašībām. Tomēr viduslaikos izteikti
dominēja mēģinājumi atklāt, atrast sākotnējo izejvielu (“pirmķieģelī-
ti”), lai konstruētu visus minerālus, kā arī ar brīnumspējām apveltītu
ideālo minerālu (“patiesības kristālu”, “filozofu akmeni”) un tamlīdzī-
gi. Tikai 16. gadsimtā līdz ar ķīmijas un kalnrūpniecības attīstību tika
uzkrāts pietiekami daudz novērojumu, un V. Biringučo Itālijā sagata-
voja pirmos minerālu aprakstus. Tomēr tikai 1546. gadā vācu kalnrūp-
niecības speciālists G. Agrikola klasificēja minerālus pēc to īpašībām
un harmonizēja to nosaukumus. Šajā pētījumā ir pilnīgs tajā laikā
zināmo iežu un minerālu apraksts un izveidota vienota nosaukumu

sistēma minerālu apzīmēšanai. Viņš aprakstīja arī 20 jaunus minerālus. Svarīgākā ir izstrādātā iežu un minerālu klasifikācija. Tā atšķirībā no visām iepriekšējām, kas izrietēja no mistiskām vai citādi piedēvētām to īpašībām, balstās uz nosakāmām īpašībām – krāsu, garšu, smaržu, veidošanās apstākļiem vai vietu, dabisko stiprumu (jeb cieģību), asumu (jeb skaldāmību, skaldnību, skaldību), izskatu, kristālu formu (singoniju), graudu lielumu. Kā papildu ziņas tiek norādītas līdzšinējās atradumu vietas, un tiek prognozēts, kur konkrētos minerālus varētu atrast nākotnē. Turpmākajos gadsimtos G. Agrikolas nosauktās minerālu īpašības tiek papildinātas tikai ar dažām – magnētisms, svītras krāsa un ķīmiskais sastāvs, bet pārējās pazīmes arī mūsdienās joprojām tiek izmantotas par pamatu minerālu vizuālai diagnostikai. Ļoti interesantas ir G. Agrikolas norādes par minerālu krāsu dažādību un krāsas kā atšķirības pazīmes nedrošību. Tomēr ir jāņem vērā, ka jēdzienu “minerāli” tajā laikā lietoja ļoti ierobežoti – tikai attiecībā uz metālu rūdām, bet visu pārējo zemē atrodamo (izrokamo) sauca par fosilijām; tā tas tiek lietots arī G. Agrikolas un viņa sekotāju darbos.

Turpmākajos gados notiek tikai minerālu saraksta papildināšana un īpašību precizēšana, līdz pazīstamais zviedru dabas pētnieks K. Linnejs mēģina dubulto nomenklatūru ieviest arī attiecībā uz nedzīvās dabas veidojumiem, tostarp iežiem un minerāliem. Tas ir ļoti nopietns zinātnisks strīds, jo pārkmeņotās dzīvo organismu paliekas un pat zīdītāju skeletus ir veidojuši minerāli. Tomēr A. Kronštedts no visu fosiliju kopuma izslēdz minerālveidojumus un minerālu (arī iežu) klasifikāciju balsta uz ķīmiskā sastāva un fizikālo īpašību atšķirībām. Kopš tā laika arī minerālu nosaukumu veidošanā netiek vairs izmantoti latīņu vai grieķu valodas vārdi un to galotnes, un minerālu nosaukumu rakstība dažādās valodās vairs netiek stingri reglamentēta. Tas pats attiecas uz kristālu formām, minerālu veidošanās apstākļiem un iežu nosaukumiem.

Vēlākajos gados minerālu pētniecībā un diagnostikā arvien plašāk tiek izmantotas fizikālās un ķīmiskās metodes, un šādi pētījumi tiek veikti jau visā pasaulē, īpaši daudz Eiropā. Izcili mineraloģi bija A. G. Varners, F. A. Breihaupts, G. Rose, V. Gibbs, V. Sorbi, H. Millers, J. Dena, A. Frencels, E. Bemo, A. Bravē, F. Fjodorovs un citi. Svarīga loma minerālu pētījumos ir lietišķiem aspektiem, veidojot pamatu

kalnrūpniecības attīstībai (to nereti sauc par reģionālo mineraloģiju). Šajā ziņā daudz paveikuši krievu mineraloģi N. Kokšarovs, A. Fersmanis, A. Godovikovs, A. Betehtins, V. Vernadskis, S. Smirnovs, G. Popovs, V. Lodočņikovs un daudzi citi.

Latvijā minerālu kristalogrāfiskos pētījumus pagājušajā gadsimtā laikposmā starp abiem pasaules kariem veica vairāki zinātnieki. Īpaši izceļams profesors Boriss Popovs un viņa ieguldījums dažādu kristāla projekciju veidu savstarpējo attiecību pētījumos, arī P. Kreišmanis un pētnieki, kuri aprakstīja minerālus un to kristālu īpašības, – O. Melis, K. Ašmanis, P. Liepiņš, A. Dreimanis un citi. Vēlākos gados šādus pētījumus plašāk veica ar minerālu sintētiskajiem analogiem, īpaši silikātiem.

Pasaulē mūsdienās paralēli tiek izmantotas divas visai atšķirīgas minerālu klasifikācijas shēmas un daudzi desmiti to vietējo analoģu. Abas pamata shēmas balstās uz vieniem un tiem pašiem principiem, tomēr E. S. Dena (Dr. *Edward Salisbury Dana* un Dr. *James Dwight Dana*) shēmā akcentēta ir struktūrsaišu nozīme minerālu ārējā formā un simetrijā, H. Strunca (profesora Dr. *Hugo Strunz*) shēmā – minerālu ķīmiskais sastāvs, ķīmiski aktīvās anjongrupas un ķīmisko elementu savstarpējās struktūrsaites minerālā. Mūsdienīgāks minerālu klasifikācijas un pilnīgs minerālu īpašību apkopojums ir A. Klarka (1993) sagatavotais M. H. Heija minerālu katalogs, kuram tiek gatavots jau ceturtais papildinātais izdevums.

Minerālu grupēšanas shēmu un klasifikatoru nepastarpināta izmantošana nav vienkārša, jo ir nepieciešams veikt daudz precīzu mērījumu un analīzi. Šādu analīžu realizācija ir darbietilpīga un ļoti dārga, tā ir nepieciešama tikai īpašos mineraloģiskos vai ekspertu pētījumos. Vienkāršākiem pētījumiem, kas ļauj noteikt plašāk izplatītos un raksturīgos minerālus, joprojām sekmīgi var izmantot to vizuālo diagnostiku, kas tiek papildināta ar vienkāršiem īpašību salīdzinājumiem. Šādiem mērķiem mūsdienās galvenās pazīmes, pēc kurām minerālus atšķirt citu no cita, ir noteikts ķīmiskais sastāvs, iekšējā uzbūve (struktūra), dabā veidoto minerālu graudu morfoloģiskās (ārējās formas) īpatnības un to ģeoloģisko procesu raksturs, kuros minerāli veidojušies.

Atzīstams ir H. Strunca minerālu klasifikācijas shēmas (1952) racionālisms, izdalot tikai deviņas minerālu klases, kas savstarpēji ir

salīdzinoši nošķiramas pēc ķīmiskajām reakcijām, nereti arī fizikālajām īpašībām.

1. Tīrradņu minerāli.
2. Sulfīdi, selenīdi, telurīdi, arsenīdi, antimonīdi un bismutīdi.
3. Halīdi.
4. Oksīdi (oksīdi un hidroksīdi).
5. Nitrāti, karbonāti un borāti.
6. Sulfāti, hromāti, molibdāti un volframāti.
7. Fosfāti, arsenāti un vanadāti.
8. Silikāti.
9. Organiskās vielas.

Salīdzinoši plaši izplatītās padomju un mūsdienu Krievijas mineraloģijas grāmatās minerālu klasifikācija nedaudz atšķiras no H. Strunca shēmas. Dažās grupās minerāli papildus tiek raksturoti pēc to diagnostikas viennozīmīguma, un klasifikācijas shēma atspoguļo dabiskās (paraģenētiskās) minerālu asociācijas. Šajā nozīmē veiksmīgas ir A. Betehtina mineraloģijas grāmatas.

Pēc Starptautiskās mineraloģijas asociācijas datiem, 2006. gada maijā kopējais reģistrēto minerālu skaits ir tikai 4124 (no tiem vēsturiski atzīti 1645), bet kopējais reģistrēto minerālu dažādu nosaukumu skaits ir 12 781 (sk. 4. tabulu).

4. tabula. Minerālu skaita sadalījums to klasēs atbilstoši H. Strunca klasifikācijai (attiecībā uz 2006. gada janvāri)

Pēc H. Strunca minerālu klasifikācijas sistēmas	Skaits
Tīrradņu minerāli	116
Sulfīdi (selenīdi, telurīdi, arsenīdi, antimonīdi un bismutīdi)	623
Halīdi	167
Oksīdi (oksīdi un hidroksīdi)	578
Karbonāti un borāti (nitrāti, karbonāti un borāti)	365
Sulfāti (hromāti, molibdāti un volframāti)	340
Fosfāti un arsenāti (fosfāti, arsenāti un vanadāti)	754
Silikāti	1116
Organiskās vielas	45
Kopā	4104

- Patlaban oficiāli atzītas variātes – 128 minerāli;
- ✓ 2005. gadā 17 minerāliem anulēti nosaukumi;
- ✓ oficiāli reģistrēti sinonīmi – 143 minerāliem;
- ✓ pieļaujamie sinonīmu nosaukumi – kopā 8339.

Valstīs, kurās minerālo resursu ieguve ir svarīga tautsaimniecības nozare, tiek veidoti nacionālie minerālu reģistri, kuros iekļauto minerālu skaits un nosaukumi ir visai atšķirīgi. Krievijā šādā reģistrā ir aptuveni 4500 minerālu, Irānā – 2130, Japānā – 7800, Ķīnā – nedaudz vairāk kā 18 tūkstoši minerālu.

2.4. Minerālu sastāvs un ķīmiskā klasifikācija

Dabā ir sastopami viena ķīmiskā elementa minerāli, kurus tāpēc arī sauc par tīrradņiem. Tādi ir ķīmiski neaktīvie platīns, zelts. Ir arī tādi ķīmiskie elementi, kuri ir aktīvāki un dabā notiekošo pārvērtību gaitā veido minerālas formas kā salīdzinoši nestabilus un mainīgus veidojumus (sudrabs, sērs, arī ogleklis un citi). Šādiem elementiem dabā vienmēr ir vairākas minerālu formas atkarībā no piemaisījumiem un veidošanās apstākļiem. Ja piemaisījumu ir salīdzinoši daudz, tad minerālu veido vairāki ķīmiskie savienojumi, piešķirot tam savdabīgu formu un īpašības.

Starp minerāliem, kuri veidoti nevis no viena, bet vairākiem ķīmiskajiem elementiem, ir gan noteikta, gan mainīga sastāva savienojumi. Salīdzinoši vienkārši ir ķīmiski salikti savienojumi, kurus veido kāda metāla katjoni un viena tipa anjoni. Tādi ir, piemēram, hematīts Fe_2O_3 , kvarcs SiO_2 , korunds Al_2O_3 , pirīts FeS_2 , halīts NaCl un citi minerāli, kas ķīmiskā sastāva ziņā ir oksīdi, sulfīdi, halogēnūdeņražskābju un citu skābju sāļi.

Tomēr visvairāk minerālu veido dažādi dubultie sāļi, kuru savstarpējās daudzuma attiecības minerālā izsakāmas kā veseli skaitļi. Pazīstamākais dubultā sastāva minerāls ir dolomīts $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, kas ir it kā veidots no diviem atsevišķiem minerāliem – kalcīta CaCO_3 un magnēzīta MgCO_3 . Pie noteikta ķīmiskā sastāva dubulto sāļu veido tiem minerāliem pieskaitāmi arī kristālhidrāti, kuru sastāvā ir viena vai vairākas ķīmiski neitrālas ūdens (H_2O) molekulas, kas piedalās to minerāla kristālu veidošanā. Tipisks kristālhidrāta piemērs ir labi

pazīstamais minerāls ģipsis $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, arī gētīts (ko sauc arī par limonītu jeb purvu rūdu) $\text{HFeO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Vēl plašāk izplatīti ir sarežģītāku saliktu sāļu veidoti minerāli.

Ļoti plašu minerālu daudzveidību, īpaši nosaukumu ziņā, veido mainīga ķīmiskā sastāva minerāli, kas veidojas kā izomorfi maisījumi vai veidojušies, joniem absorbējoties koloidālās vielās. Tā ir divu vai vairāku ķīmisko savienojumu spēja veidot kopējus jaukta sastāva kristālus, un nav vērojama šo atsevišķo vielu koncentrācija atsevišķās kristāla daļās (kā krāsas vai caurspīdīguma pazīme, kārtainība un tamlīdzīgi). Izomorfie maisījumi dabā sastopami kā cietie šķīdumi vai kā minerāli, kuru sastāvā ietilpstošie ķīmiskie elementi daļēji ir aizstāti ar citiem īpašību ziņā līdzīgiem ķīmiskajiem elementiem vai to savienojumiem.

Cietie šķīdumi no parastajiem šķīdumiem vai kausējumiem atšķiras ar to, ka šķīdinātājs ir cietā, kristāliskā stāvoklī. Izšķīdinātā viela izvietojas kristāliskā režģa brīvajā telpā starp šķīdinātāja atomiem vai joniem, neizmainot tā kristālisko uzbūvi un kristālisko režģi veidojošā minerāla ķīmisko sastāvu. Cieto šķīdumu fizikālās īpašības ir atšķirīgas, un tās ir aptuveni vidējas starp atsevišķu to komponentu īpašībām, bet ne tieši proporcionālas. Šo sastāvdaļu daudzuma attiecībām mainoties, attiecīgi mainās arī minerāla fizikālās īpašības, pēc kurām var uzzināt tā sastāvu, neveicot detalizētas ķīmiskās analīzes. Tas ir ļoti svarīgi, nosakot minerālus vienkāršoti, makroskopiski.

Ir zināms arī otrs izomorfo maisījumu veids, un tas var rasties, ja divām vielām ir līdzīgas ķīmiskās formulas. Šajā izomorfo maisījumu veidā savstarpēji var aizvietoties atsevišķu ķīmisko elementu atomi un joni, arī veselas jonu grupas.

Ja minerāla ķīmiskā sastāva pieraksts neatšķiras no tā sastāva empīriskās ķīmiskās formulas, tad izomorfo atomu vai jonu simbolus liek parastajās iekavās un atdala vienu no otra ar komatiem, turklāt pirmos raksta tos, kuri minerāla sastāvā dominē. Ir pieņemts, ka kompleksās anjogrūpas apzīmē ar kvadrātiekvām. Piemēram, dolomīta formula, kurā daļa Mg^{2+} jonu izomorfi nomainīti ar Fe^{2+} joniem, ir $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe})[\text{CO}_3]_2$. Tomēr tas ne vienmēr ir korekti, ja minerāla sastāvā ir vairākas anjogrūpas un to nozīme ir atšķirīga vai nav pietiekami zināma. Šādos gadījumos lieto tradicionālu empīrisko ķīmiskā sastāva formulu.

Minerālu kristālos nereti ir sastopami arī mehāniski piejaukumi, kuri tur nokļuvuši, kristāliem augot. Arī mājas apstākļos audzējot, piemēram, vārāmās sāls (halīta NaCl) kristāliņus, var sākotnēji iegūto pārsātināto šķīdumu daudzkārtēji filtrēt, un iegūtie kristāliņi tik un tā nebūs viendabīgi, tajos varēs konstatēt sīkus punktveida piemaisījumus. Dabas veidotos minerālos šādi piemaisījumi parasti ir sīki citu minerālu kristāliņi, ūdens vai gāzu ieslēgumi jeb iekļāvumi (piemēram, ledū). Līdzīgus piemaisījumus bieži satur arī amorfo minerālu veidojumi (dzintars). Raksturojot minerālu ķīmisko sastāvu formulās, šādus piejaukumus neņem vērā, taču ir jāzina, ka minerāli ar pilnīgi "tīru" ķīmisko sastāvu, kas precīzi atbilst to formulām, dabā nav sastopami, un tas ir attiecināms arī uz tīrradņiem. Citiem vārdiem – pat ļoti precīza ķīmiskā analīze nav pietiekama, lai pareizi nosauktu minerālu.

Mūsdienās minerāli, to fizikālās un ķīmiskās īpašības ir ļoti precīzi noteiktas tipiskiem un raksturīgiem minerāliem (sava veida konkrēto īpašību etaloniem), un tikai tiem ir piešķirti noteikti nosaukumi. Šie nosaukumi ir reģistrēti minerāliem kā noteiktu īpašību nesējiem. Savukārt, pētot minerālus, mēs nosakām to īpašības un salīdzinām tās ar "standartizētajām" pēc to kopuma. Ja netiek veikta pilnīga pētāmā minerāla visu īpašību noteikšana, arī minerāla nosaukuma piešķiršana ir aptuvena. Sava nozīme ir arī kļūdām, un minerālu diagnostikas kļūdas visā pilnībā nav iespējams izslēgt, bet tās var ierobežot ar pieredzi. Tieši pieredze ir svarīgs nosacījums, jo daudzveidīgajā dabā pietiekami vērīgam novērotājam nav iespējams atrast pat vienādus smilšu graudiņus. Tieši tāpat ir ar minerāliem, jo šos smilšu graudiņus veido konkrēti minerāli.

Minerālus var sakārtot pēc to fizikālajām īpašībām (krāsas, cietības, kristālu lieluma) vai arī pēc noderības saimnieciskajā dzīvē (garšas, degtspējas, noderības metālu iegūšanai un tamlīdzīgi). Šādu klasifikāciju un grupēšanu izmanto dažādas tautsaimniecības nozares, nereti minerālu izmantošana tiek uzskaitīta arī pēc kādām noteiktām īpašību grupām (piemēram, alumīnija rūdas vai abraziēvie materiāli u. c.).

Tomēr jau ilgāk nekā gadsimtu minerālus iedala vairākās klases, kas atbilst noteikta sastāva ķīmiskajiem savienojumiem. Atbilstoši E. S. Dena minerālu klasifikācijas sistēmai tiek izdalītas šādas minerālu pamata klases (sk. 5. tabulu).

5. tabula. E. S. Dena minerālu klasifikācijas sistēma

E. S. Dena tradicionālā minerālu klasifikācijas sistēma (1924)	E. S. Dena jaunā minerālu klasifikācijas sistēma (1997) ¹
I. Tīrradņu elementi	1. klase
II. Sulfīdi	2. un 3. klase
III. Oksīdi un hidroksīdi	4., 5., 6., 7. un 8. klase
IV. Halīdi	9., 10., 11. un 12. klase
V. Karbonāti, nitrāti un borāti	13., 14., 15., 16.a, 16.b un 17. klase – karbonātu klases 18., 19. un 20. klase – nitrātu klases 21., 22. un 23. klase – jodātu klases 24., 25., 26. un 27. klase – borātu klases
VI. Sulfāti, hromāti un molibdāti	28., 29., 30., 31. un 32. klase – sulfātu klases 33. selenātu un telurātu klase 34. selenītu, telurītu un sulfītu klase 35. un 36. klase – hromātu klases
VII. Fosfāti, arsenāti un vanadāti	37., 38., 39., 40., 41., 42. un 43. klase – fosfātu klases 47. klase – vanadātu u. c. klase 48. un 49. klase – molibdātu un volframātu klases
IX. Organiskie minerāli	50. klase
VIII. Silikāti	
<i>Nezosilikāti</i>	51., 52., 53. un 54. klase
<i>Sorosilikāti</i>	55., 56., 57. un 58. klase
<i>Ciklosilikāti</i>	59., 60., 61., 62., 63. un 64. klase
<i>Jonu silikāti</i>	65., 66., 67., 68., 69. un 70. klase
<i>Filosilikāti</i>	71., 72., 73. un 74. klase
<i>Tektosilikāti</i>	75., 76. un 77. klase
<i>Neklasificēti silikāti</i>	78. klase

¹ Detalizēti skatīt: Gaines, R. V., Skinner, H. C., Foord, E. E., Mason, B., Rosenzweig, A. Dana's New Mineralogy. John Wiley & Sons: NY, 1997, 1819 pp. (ISBN: 047119310-0) vai <http://webmineral.com/danaclass.shtml>

Pasaulē gandrīz jau gadsimtu vispārpieņemtā E. S. Dena minerālu klasifikācijas sistēma Latvijā, tāpat kā lielākajā daļā bijušo plānveida ekonomikas valstu, ir mazāk pazīstama tās sarežģītības dēļ attiecībā uz silikātminerālu grupēšanu. Tā nav zinātniska, bet tehniska problēma – lai precīzi noteiktu minerālus, ir nepieciešams veikt ļoti detalizētu ķīmisko un struktūranalīzi. Citiem vārdiem – minerālus precīzi var noteikt tikai ļoti pieredzējis speciālists un tikai modernā laboratorijā.

Silikātu klasifikācija patiešām ir ļoti sarežģīta, un, lai arī zinātnieki jau sen ir iemācījušies sintezēt dažādus silikātus ar tādām īpašībām, kādas ir nepieciešamas, dabā sastopamie silikāti joprojām tiek pētīti.

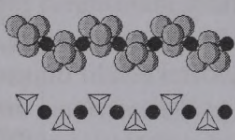
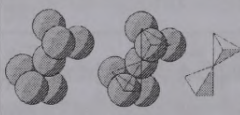
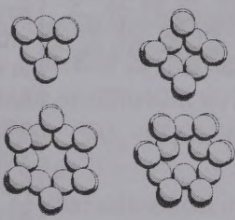
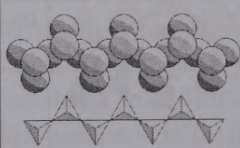
Silikātu minerālu klasifikācijas pamatā ir anjonu grupas $[\text{SiO}_4]^{4-}$ tetraedra sasaiste ar citiem ķīmiskajiem elementiem vai savā starpā. Grafiski to var attēlot šādi (sk. 6. tabulu).

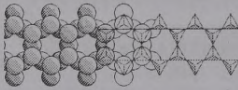
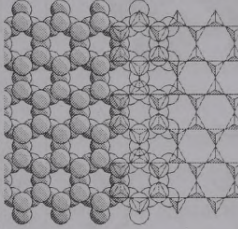
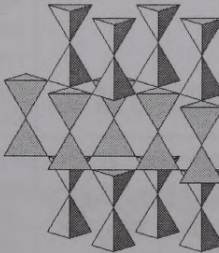
Tomēr praktiskajos novērojumos dabā ir nepieciešams vienkāršoti noteikt minerāla piederību pie noteiktas grupas un izdarīt atbilstošus secinājumus par to sastāvu, izplatību un noderību saimnieciskajām vajadzībām utt. Bet to nevar izdarīt, ja nav veiktas detalizētas analīzes. Tāpēc praktiskām un arī studiju vajadzībām silikātu minerālus ir lietderīgi vienkāršoti grupēt pēc atpazīstama struktūru tipa **salu, gredzenu, ķēdīšu, lentu, slāņu un karkasa** silikātu minerālos. Šāds dalījums ir tuvs E. S. Dena klasifikācijai, bet ne vienmēr atbilstošs, un tas ir jāņem vērā, padziļināti pētot minerālus un to īpašības. Arī šajā izdevumā silikātu minerāli tiks raksturoti, tos grupējot pēc vienkāršotas shēmas, kas Latvijā ir daudz pazīstamāka.

2.5. Minerāli kā kristāliskas vielas

Atbilstoši vielas trim galvenajiem agregātstāvokļiem dabā ir cietas, šķidrās un gāzveida vielas. Visas neorganiskas cilmes vielas atkarībā no temperatūras un spiediena var būt jebkurā no šiem agregātstāvokļiem un to mainīt, ja šie nosacījumi mainās. Katram noteikta sastāva vielas agregātstāvoklim ir kādas robežas, kurās tas ir stabils un noturīgs. Normāla atmosfēras spiediena un istabas temperatūras apstākļos lielākā minerālu daļa ir cietā stāvoklī un kūst tikai augstā temperatūrā, bet šajos apstākļos ūdens un dzīvsudrabs ir šķidrā stāvoklī, jods un sērūdeņradis ir gāzes.

6. tabula. Vienkāršots E. S. Dena silikātu klasifikācijas paskaidrojums

Silikātu grupa pēc E. S. Dena	Vienkāršots grafisks attēls	Raksturīgas iezīmes
<p>Nezosilikāti – salu silikāti (izolēti tetraedri)</p> <p>[<i>neso grieķiski</i> – sala]</p>		<p>Ķīmiskajā formulā ir skaidri nodalīta $[\text{SiO}_4]^{-4}$ anjongrupa.</p> <p>Raksturīgi minerāli: olivīni, granāti, kianīta grupas minerāli</p>
<p>Sorosilikāti – salu grupu silikāti (sapāroti tetraedri)</p> <p>[<i>soro grieķiski</i> – grupa]</p>		<p>Ķīmiskajā formulā ir skaidri nodalīta $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{-x}$ anjongrupa.</p> <p>Raksturīgi piemēri ir epidota grupas minerāli</p>
<p>Ciklosilikāti jeb gredzenu silikāti</p> <p>[<i>cyclo grieķiski</i> – gredzens]</p>		<p>Izšķir minerālus ar trim, četriem un sešiem gredzeniem. Izplatītāki ir minerāli ar sešiem gredzeniem. Gredzena pamatu veido struktūrvienība ar ķīmisko sastāvu $\text{Si}(x)\text{O}(3x)$, kur "x" ir tetraedru skaits gredzenā. Tādējādi sešu elementu gredzenam ir jābūt formulai Si_6O_{18}.</p> <p>Raksturīgi piemēri ir berils (attēls apakšējā rindā pa kreisi) un turmalīns (apakšējā rindā pa labi)</p>
<p>Inosilikāti jeb ķēdīšu silikāti</p> <p>[<i>ino grieķiski</i> – mērķis]</p>		<p>Silikātu grupā silīcija un skābekļa atomu attiecība ir 1:3, tāpēc arī minerāla formulā būs atzīmēta grupa $[\text{SiO}_3]^{-x}$ vai tās vairākkārtējs reizinājums. Dabā tie ir piroksēnu grupas minerāli</p>

		<p>Šādas ķēdītes var būt dubulti savītas, un tad vienojošā grupa ir $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]^x$. Visplašāk izplatīti ir amfibolu minerāli ar šādu dubulto ķēdīti.</p> <p>Dabā ir zināmi vairāki minerāli arī ar trīskārtēju ķēdīšu pinumu, tie ir ļoti reti minerāli</p>
<p>Filosilikāti jeb slāņu (lokšņu jeb lapu)</p> <p>[<i>phyllo</i> grieķiski – lapa, loksne]</p>		<p>Tie ir minerāli, kas savā ķīmiskajā sastāvā satur grupu $[\text{Si}_2\text{O}_5]^x$. Nosacīti šādu silikātu kārtojumu sauc par “sviestmaižu struktūru”, kurā silikātgrupu slāņi ir kārtoti ar magnija, alumīnija hidroksīda, ūdens un citiem katjoniem. Pie šīs silikātu klases pieder ļoti daudzas un pēc savām īpašībām atšķirīgas minerālu grupas, piemēram, vizlas, mālu minerāli, azbesta minerāli un citi</p>
<p>Tektosilikāti jeb karkasa silikāti ir telpiskas silikātu struktūras</p> <p>[<i>tecto</i> grieķiski – karkass, struktūra]</p>		<p>Visvienkāršākā tektosilikātu struktūra ir tridimēnā (augstas temperatūras kvarcam), šajā silikātu klasē ir kvarcs un laukšpati</p>

Apzīmējumi: pelēkā bumbiņa apzīmē skābekļa atomu, četru bumbiņu grupa – tetraedru. Melnā bumbiņa ir silīcija atoms.

Gandrīz visi minerāli, kas veido Zemes garozu, ir kristāliskas vielas. No amorfām vielām tās atšķiras ar noteiktu, likumsakarīgu sastāvdaļu (jonu, atomu, molekulu) sakārtojumu un noteiktām, tikai kristāliskām vielām piemītošām īpašībām. Dabā šādi minerāli ir kristālisku graudu veidā, tie veido blīvas un viendabīgas masas (kas patiesībā sastāv no ļoti sīkiem kristāliņiem un pēc ārējā izskata bieži nav atšķiramas no amorfām vielām), vai arī ir sastopami zemjainu masu vai uzsūbējumu veidā (kur konstatējami gan kristāliņi, gan pastveida, koloidālas un šķidrās vielas, no kurām turpina veidoties minerāli).

Amorfo minerālu skaits dabā ir daudzkārt mazāks, tā ir sava veida pārejas forma, un amorfiem minerāliem ir tendence pārvērsties par citiem kristāliskas struktūras minerāliem. Amorfi minerāli, nonākot citos vides apstākļos, oksidējas, izšķīst vai citādi maina savu sastāvu. Bet arī šajos gadījumos tie nākotnē veidos citus kristāliskus minerālus. Vairākums amorfo minerālu ģeoloģiskajā laikā (kas mērāms miljonus gadu) pārvēršas par kristāliskām vielām, un tikai daži amorfie minerāli, piemēram, opāls ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), var saglabāties ilgstoši un pat veidot šo minerālu iežus.

Minerālu kristāli ir ne tikai salīdzinoši noturīga un stabila minerālu eksistences forma, bet tiem piemīt arī noteiktas ķīmiskās un fizikālās īpašības un raksturīga **ārējā forma, kas ir ļoti jutīgas minerālu diagnostiskās pazīmes.**

Gandrīz visi cietā agregātstāvoklī esošie minerāli ir kristāliskas vielas, tas ir, tās ir vielas ar noteiktu kristālisko struktūru. Katrai kristāliskai vielai ir noteikta kušanas temperatūra, kurā viela maina savu agregātstāvokli, patērējot siltumu, un pretēji – no šķidrums kristalizējoties viela izdala siltumu. Dažādām ķīmiskajām vielām ir nepieciešami visai atšķirīgi apstākļi, kuros veidojas labi izteikti monokristāli, un citādi apstākļi, lai izveidotos sīkkristāliska masa. Tā ir tā lielā dabas apstākļu dažādība (dziļums, ko izsaka kā spiedienu un temperatūru, arī apkārtējie ieži un to ķīmiskais sastāvs – tā ir citu ķīmisko vielu piesaiste u. tml., kristalizācijas laiks noteiktos fizikāli ķīmiskos apstākļos un citi). Vienlaikus ir arī apstākļi, lai no sākotnējās šķidrās vielas varētu veidoties ļoti dažādu lielumu, krāsu, izmēru un izskata kristāli. Tieši kristālu ārējais izskats un forma jau pirms vairākiem gadsimtiem tika atzīta par ļoti svarīgu minerāla diagnostisko īpašību (N. Steno noteica,

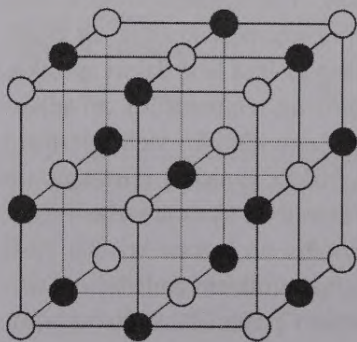
ka viena un tā paša ķīmiskā sastāva minerālam kristāla skaldnes savā starpā veido vienu un to pašu konstantu leņķi).

Vispārinātā formā par kristāliem sauc cietus ķermeņus, kuros to veidojošie elementārie objekti (joni, atomi, molekulas) ir likumsakarīgi izkārtājušies noteiktā sistēmā ģeometriskā telpā (veido telpisko jeb kristālisko režģi; sk. 2. attēlu).

Kristāliem, veidojoties tiem labvēlīgos apstākļos, visbiežāk ir noslēgta, ģeometriski pareiza daudzskaldņu (kubu, prizmu, piramīdu u. c.) vai to kombināciju forma. Plaknes, kuras veido kristālu virsmu, sauc par skaldnēm; līnijas, pa kurām viena skaldne robežojas ar otru, – par šķautnēm. Svarīga nozīme ir arī punktiem, kuros satiekas vairākas skaldnes, tās sauc par kristālu virsotnēm jeb stūriem. Šo svarīgo ģeometrisko lielumu mērījumus veic, kristālus pēta un analizē īpaša zinātne – kristalogrāfija, kas plašākā nozīmē ir zinātne par kristāliem un kristālisko vielu. Tā ir ļoti precīza zinātne, un tās apgūšanai ir nepieciešamas ļoti labas priekšzināšanas ģeometrijā.

Amorfām vielām, piemēram, stiklam, opālam vai dzintaram, elementārās daļiņas (elementārobjekti) ir izvietotas vielā bez kādas stingri noteiktas kārtības, un tās tiek orientētas, tikai vielai kristalizējoties. Savukārt kristālos šo daļiņu veidotais telpiskais režģis sastāv no ļoti daudziem telpā orientētiem un pēc formas un izmēriem vienādiem paralēlepipediem. To virsotnēs (režģa mezglu punktos) ir pa vienam elementāram objektam (atomam, jonam vai molekulai).

Šie elementārobjekti var būt izvietoti arī paralēlskaldņu centrā un tos norobežojošo šķautņu vai skaldņu viduspunktos. Katrs šāds paralēlskaldnis atbilst vienai telpiska režģa elementārajai šūniņai, un



2. attēls. Halīta (NaCl) kristāla struktūra

atkarībā no šo šūniņu formas ir iespējami 14 telpisko režģu tipi, kuru veido septiņu dažādu veidu elementāršūniņas.

No elementārobjektu izkārtojuma telpiskajā režģī ir tieši atkarīgas īpašības, ar kurām kristāliskās vielas un kristāli atšķiras no amorfām vielām. Galvenās šādas atšķirīgās īpašības ir vienveidība, anizotropija, spēja veidot kristālus, kristālu skaldņu leņķu pastāvība, kā arī kristālu pašatjaunošanās (reģenerācijas) spēja. Attiecībā uz kristāliskajām vielām šī *vienveidība* nozīmē, ka atsevišķam vienam konkrētam kristālam jebkuras fizikālās un ķīmiskās īpašības vienmēr būs vienādas. Tā ir ļoti droša kristālisko vielu makroskopiska atšķiršanas pazīme, un tā ļauj kristāliskās vielas nošķirt no amorfām vielām.

Anizotropija ir kristālu dažādu fizikālo īpašību vienādība paralēlos virzienos un atšķirība – dažādos virzienos. Šīs parādības pamatā ir elementārobjektu izvietojumā paralēlās rindās un plaknēs, kuru saistījuma pakāpe dažādos virzienos var būt atšķirīga. Tā, piemēram, anizotropijas dēļ vizlas kristāli vienā noteiktā virzienā viegli sašķeļas plānās lapveida plāksnītēs, bet pretējā virzienā plāksnītes ir elastīgas un grūti pārplēšamas.

Kristālus var veidot tikai tādas vielas, kuru elementārobjekti ir izvietoti noteiktās plaknēs, tas ir, kristāliskas vielas. Tie vienmēr centīsies veidot kristāla ārējās robežas jeb skaldnes paralēli tām telpiskā režģa plaknēm, kurās elementārobjekti ir novietoti vistuvāk cits citam (veido iespējami blīvu pakojumu jeb kārtojumu). Zināms, ka jebkurā telpiskajā režģī visas elementārobjektu veidotās plaknes var krustoties tikai noteiktos leņķos, kas atkarīgi no šūniņu formas. Tāpēc leņķi starp vienas un tās pašas vielas polimorfās formas kristālu attiecīgajām skaldnēm ir vienādi, un to lielums ir noteikts un nemainīgs (skaldņu leņķu pastāvības jeb N. Steno likums). Šie leņķi nav atkarīgi no kristāla formas, skaldņu izmēriem un veidošanās apstākļiem. Kā jebkuram likumam, arī N. Steno likumam ir izņēmumi – attiecībā uz kristālu makroskopisku noteikšanu. Neveicot īpašas analīzes vienam un tam pašam minerālam veidojoties atšķirīgos fizikāli ķīmiskos apstākļos, var būt atšķirīgas kristāliskas formas, tad tās sauc par varietātēm, vai arī – šie kristāli noteikti ir papildus pētāmi, un tas var būt cits minerāls. Tā dabā plaši sastopamais kvarcs (SiO_2) atkarībā no tā veidošanās apstākļiem var nebūt kristāliskas formas – tas ir amorfs (piemēram, opāls vai obsidiāns), bet atšķirīgos spiediena un

temperatūras apstākļos tas var veidot vismaz trīs atšķirīgas singonijas kristālus ar ļoti dažādiem leņķiem starp to skaldnēm. Tomēr patiesībā tie ir dažādi minerāli ar pilnīgi vienādu ķīmisko sastāvu.

Kristālu reģenerācijas spēja ir nepareizas, deformētas formas kristālam, nokļūstot atbilstošos vides apstākļos, iegūt savam sastāvam atbilstošu ģeometriski noslēgtu un pareizu kristāla formu. Tā, piemēram, ir zināmi jau pirms vairākiem gadsimtiem veikti eksperimenti ar lodī, kas izvirpota no halīta kristāla un piesātinātā sāls šķīdumā var "apaugt" ar skaldnēm un pārvērsties atkal šim minerālam raksturīgā kubiskās formas kristālā. Tas notiek tāpēc, ka Na^+ un Cl^- joni, kas no šķīduma pāriet uz lodveida kristālisko ķermeni, nevis izvietojas ap to koncentriskās kārtās, bet gan pievienojas halīta telpiskā režģa mezglu rindu pārtrauktajiem galiem, turpinot tās taisnā virzienā un pakāpeniski izlīdzinot to garumu. Līdzīgus eksperimentus var veikt arī mājas apstākļos ar vārāmās sāls šķīdumu, tajā ievietojot kādu neregulāru sāls kristāla lausku.

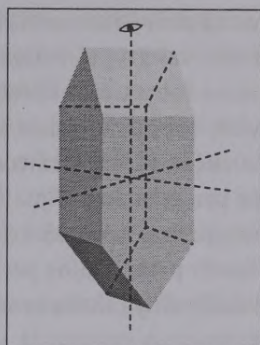
2.5.1. | Kristālu morfoloģija

Kristālisko vielu likumsakarīgā iekšējā uzbūve izpaužas arī minerālu kristālu simetrijā un to ģeometriskajā formā.

Kristālu simetrija nozīmē skaldņu, šķautņu un virsotņu regulāru izvietojumu. To raksturo ar tā sauktajiem simetrijas elementiem, no kuriem svarīgākie ir simetrijas centrs, simetrijas plaknes un simetrijas assis.

Simetrijas centrs ir iedomāts punkts kristāla iekšienē, kurā, daloties uz pusēm, krustojas līnijas, kas savieno vienādus kristāla virsmas elementus. Par simetrijas plakni sauc iedomātu plakni, kura daļa kristālu divās vienādās daļās, kas simetriski izvietotas viena pret otru kā priekšmets un tā spoguļattēls. Kristālā var būt arī vairākas simetrijas plaknes (sk. 3. attēlu).

Simetrijas ass ir iedomāta taisna līnija, ap kuru apgriežot kristālu par 360° , tas vairākas reizes ieņem telpā vienu un to pašu stāvokli. Šā stāvokļa atkārtošāns skaits noteic simetrijas ass kārtu, ko apzīmē ar skaitlisku indeksu pie simetrijas ass apzīmējuma – burta a vai L, piemēram, L_2 . Var būt otrās, trešās, ceturtās un sestās pakāpes simetrijas assis.

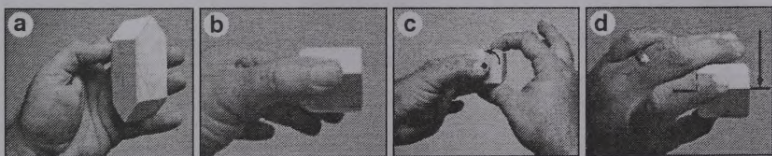


3. attēls. Pareiza kristāla novietošana attiecībā pret novērotāja aci simetrijas asi noteikšanai

Ja pētāmais kristāls ir pietiekami liels, tad tā vizuālo novērošanu ir lietderīgi papildināt ar tausti, kas, salīdzinot skaldnes, ļauj uzskatāmāk pārliecināties par iztēlē izveidoto asu un plakņu iespējamo fizisko atrašanos, ļauj iztēloties simetrijas plakņu dažādību un to skaitu (sk. 4. attēlu).

Pirmo reizi mēģinot, tas šķiet ļoti sarežģīti, bet pēc dažiem vingrinājumiem ar vienkāršu sērskābi vai parasto daudzskaldņu zīmuli šāda formas noteikšana kļūst labāk saprotama, un tad var sākt arī dabas veidotu kristālu novērojumus.
















Dabā novērojot ļoti lielo minerālu kristālu dažādību, nevilus šķiet, ka ne mazāka dažādība ir arī kristālu formās. Tā tas gluži nav. Vispirms ir jāizšķir divas lielas kristālu formu grupas, no kurām viena ir kubiskā, un tai visbiežāk piemīt raksturīgs viens simetrijas centrs, trīs savstarpēji perpendikulāras simetrijas assis, kas savstarpēji krustojas



4. attēls. Kristāla formas un simetrijas elementu noteikšana: a – tradicionāls kristāla koka mācību modelis; b – kristāla orientācija noteikšanai; c – griežot ap noteikto simetrijas asi (melns punkts) pretēji pulksteņa rādītāju kustības virzienam, nosaka vienādās skaldnes un to skaitu; d – otras simetrijas ass izvēle un skaldņu noteikšana, rotējot ap simetrijas asi pretēji pulksteņa rādītāju kustības virzienam.

vienā simetrijas centrā. Tāpēc to nereti sauc arī par izometrisko sistēmu vai grupu. Patiesībā tas ir sarežģītāk, jo par raksturīgāko uzskata četrus trešās kārtas simetrijas asu kopumu kā piederības pazīmi visās piecās kubiskās singonijas simetrijas klasēs (veidos). Te vietā būtu ļoti rūpīgi atkārtot ģeometriju un uzmanīgi palasīt kādu grāmatu par kristalogrāfiju. Kubiskajai kristālu formu grupai (singonijai) ir raksturīgas tikai 15 kristālu vienkāršās ārējās formas (sk. 7. tabulu). Tomēr praktiskajos pētījumos jāatceras, ka šo vienkāršo ārējo formu kombināciju skaits teorētiski var būt gandrīz bezgalīgs.

7. tabula. Kubiskās singonijas pamata kristāliskās formas (pēc M. un D. Hovardiem)

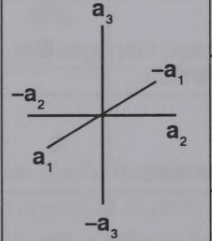

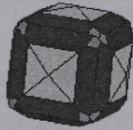
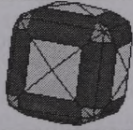
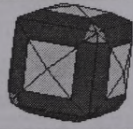

Formas attēls un nosaukums	Skaldņu skaits	Formas attēls un nosaukums	Skaldņu skaits
 Kubs jeb heksaedrs	6	 Trigontritetraedrs	12
 Oktaedrs	8	 Heksatetraedrs	24
 Rombododekaedrs	12	 Tetragontritetraedrs	12
 Tetraheksaedrs	24	 Pentagontroktaedrs	24
 Tetragontrioktaedrs	24	 Pentagondodekaedrs	12
 Trigontrioktaedrs	24	 Didodekaedrs	24
 Heksaoktaedrs	48	 Pentagontritetraedrs	12
 Tetraedrons	4		

8. tabulā ir sniegti kubiskās singonijas kristālu dažādo ārējo formu salīdzinājumi, norādot vienādo skaldņu atrašanās vietu un skaitu, kā arī to minerālu skaitu, kuriem raksturīgas šādas formas.





















Kristālu ārējo formu, kurām nepiemīt kubiskajai singonijai raksturīgie simetrijas elementi, ir daudz vairāk, tomēr arī to skaits ir ierobežots. Patlaban ir zināmas tikai 32 (daži zinātnieki uzskata, ka 33) kristālu ārējo formu sistēmas (singonijas), kas nav atvasinājumi no kubiskās singonijas (sk. 9. tabulu).













Tātad kopā ir tikai 47 formas, un tas būtiski var atvieglot vienkāršu minerālu formu diagnosticēšanu. Kubiskās singonijas elementus

8. tabula. Kubiskās jeb izometriskās singonijas raksturīgās kristālu formas un zināmo minerālu skaits

Kristalogrāfisko asu izvietojums	Kristālu raksturīgās formas	Zināmais minerālu skaits pasaulē (2005. gada decembrī)
	Jauktas un nenoteiktas formas kristāli	28
		55
		4
		243
		61
		23

9. tabula. Kristālu ārējās formas citu singoniju minerāliem un tām raksturīgais skaldņu skaits

Formas attēls un nosaukums	Skaldņu skaits	Formas attēls un nosaukums	Skaldņu skaits
 Monoedrs (var būt vairākās singonijās)	1	 Diheksagonāla piramīda	12
 Pinakoīds – atspoguļo ortorombiskās sistēmas 3 pārus pinakoidālo skaldņu (var būt vairākās singonijās)	2	 Rombiska dipiramīda	8
 Diedrs (vairākskaldnis)	2	 Trigonāla dipiramīda	6
 Rombiska prizma	4	 Ditrigonāla dipiramīda	12
 Trigonāla prizma	3	 Tetragonāla dipiramīda	8
 Ditrigonāla prizma	6	 Ditetragonāla dipiramīda	16
 Tetragonāla prizma	4	 Heksagonāla dipiramīda	12
 Ditetragonāla prizma	8	 Diheksagonāla dipiramīda	24
 Heksagonāla prizma	6	 Trigonāls trapecoedrs	6
 Diheksagonāla prizma	12	 Tetragonāls trapecoedrs	8

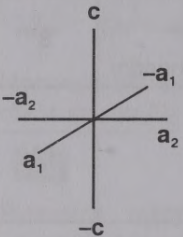



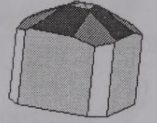
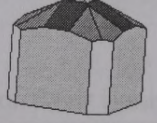


 Rombiska piramīda	4	 Heksagonāls trapecoedrs	12
 Trigonāla piramīda	3	 Tetragonāls skalenoedrs	8
 Ditrigonāla piramīda	6	 Heksagonāls skalenoedrs	12
 Tetragonāla piramīda	4	 Romboedrs	6
 Ditetragonāla piramīda	8	 Rombisks tetraedrs	4
 Heksagonāla piramīda	6	 Tetragonāls tetraedrs	4

un piederību pie tās ir salīdzinoši viegli noteikt, turpretī ne-kubiskās singonijas formas noteikt ir daudz sarežģītāk – ne tikai tāpēc, ka to daudzveidība ir lielāka, bet ir vērojamas arī nepilnīgas kristalizācijas formas un to defekti.

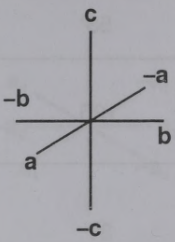


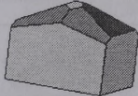
Atkarībā no kristālu simetrijas elementu skaita un to izvietojuma izšķir vairākas ne-kubiskas singonijas: tetragonālo, rombisko, heksagonālo, trigonālo, monoklīno un triklīno. To raksturīgās kristālu formas, simetrijas jeb kristalogrāfisko asu un vienādo skaldņu izvietojums sniegts turpmākajās tabulās (sk. 10.–15. tabulu).

Ļoti raksturīgi, ka triklīnajai, monoklīnajai un rombiskajai singonijai kopīga pazīme ir augstākas par otrās simetrijas asu trūkums, šo singoniju kristāliem parasti ir izometriska vai iegarena, sānvirzienā saplacināta forma. Savukārt trigonālās, tetragonālās un heksagonālās singonijas kristāliem ir viena attiecīgi trešās, ceturtās un sestās pakāpes jeb kārtas simetrijas ass, bet pašiem kristāliem visbiežāk ir iegarens, izstiepts vai prizmatisks veids.

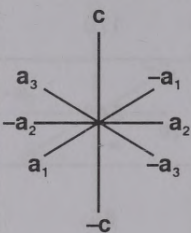

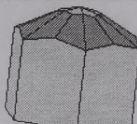


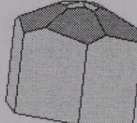


10. tabula. Tetragonālās singonijas raksturīgās kristālu ārējās formas un zināmo minerālu skaits

Kristalogrāfisko asu izvietojums	Kristālu raksturīgās formas	Zināmais minerālu skaits pasaulē
	Jauktas un nenoteiktas formas kristāli	23
		61
		9
		170
		5
		5
		38
		21

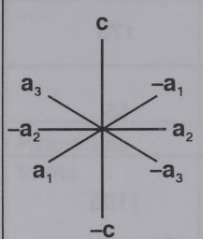
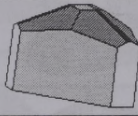

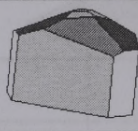
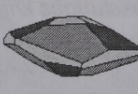

11. tabula. Rombiskās (ortorombiskās) singonijas raksturīgās kristālu ārējās formas un zināmo minerālu skaits

Kristalogrāfisko asu izvietojums	Kristālu raksturīgās formas	Zināmais minerālu skaits pasaulē
	Jauktas un nenoteiktas formas kristāli	170
		543
		85
		123

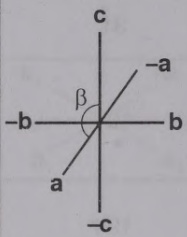
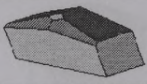


12. tabula. Heksagonālās singonijas raksturīgās kristālu ārējās formas un zināmo minerālu skaits

Kristalogrāfisko asu izvietojums	Kristālu raksturīgās formas	Zināmais minerālu skaits pasaulē
	Jauktas un nenoteiktas formas kristāli	53
		126
		31
		55
		21
		24
		28
		3

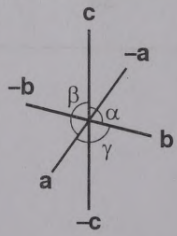
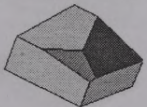
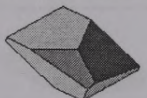
13. tabula. Trigonālās singonijas raksturīgās kristālu ārējās formas un zināmo minerālu skaits

Kristalogrāfisko asu izvietojums	Kristālu raksturīgās formas	Zināmais minerālu skaits pasaulē
	Jauktas un nenoteiktas formas kristāli	31
		101
		194
		39
		73
		35

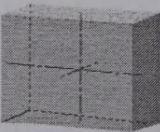
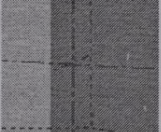
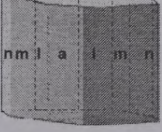
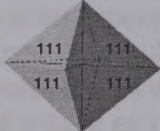
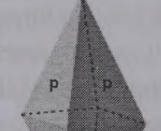
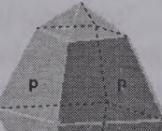

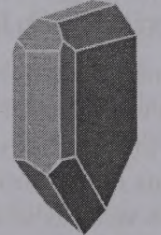
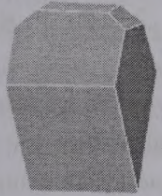
14. tabula. Monoklīnās singonijas raksturīgās kristālu ārējās formas un zināmo minerālu skaits

Kristalogrāfisko asu izvietojums	Kristālu raksturīgās formas	Zināmais minerālu skaits pasaulē
 <p>Diagram showing the monoclinic crystal system axes: a, b, and c. The angle between a and b is β. The axes are labeled c, $-a$, $-b$, b, a, and $-c$.</p>	Jauktas un nenoteiktas formas kristāli	173
		65
		1196
		76

15. tabula. Triklīnās singonijas raksturīgās kristālu ārējās formas un zināmo minerālu skaits

Kristalogrāfisko asu izvietojums	Kristālu raksturīgās formas	Zināmais minerālu skaits pasaulē
 <p>Diagram showing the triclinic crystal system axes: a, b, and c. The angles between the axes are α, β, and γ. The axes are labeled c, $-a$, $-b$, b, a, and $-c$.</p> <p>$\alpha, \beta, \gamma > 90$</p>	Jauktas un nenoteiktas formas kristāli	69
		52
		296

16. tabula. Rombiskās singonijas raksturīgās kristālu ārējās formas un to atpazīšana

Prizmatiska forma			
Piramidāla forma			
Reāla kristāla kombinēta jeb salikta forma			

17. tabula. Sengrieķu valodas vārdi, kuri tiek lietoti noteikta skaita un simetrijas elementu apzīmēšanai kristālu pētījumos

Skaita apzīmējumi kristalogrāfijā		Kristālu simetrijas elementu apzīmējumiem izmantotie vārdi	
Sengrieķu vārdu izmantotā forma	Nozīme latviski	Sengrieķu vārdu izmantotā forma	Nozīme latviski
<i>monas</i>	viens	<i>edra</i>	skaldne
<i>di</i>	divreiz	<i>gonia</i>	stūris, leņķis
<i>tri</i>	trīs	<i>pinax</i>	dēlis
<i>tetre</i>	četri	<i>klino</i>	noliece
<i>pente</i>	pieci	<i>skolēnos</i>	nelīdzens
<i>hex</i>	seši		
<i>okto</i>	astoņi		
<i>dēka</i>	desmit		
<i>dodeka</i>	divpadsmit		

Dabā sastopamās kristālu formas ne vienmēr var viegli atpazīt kā piederīgas pie konkrētas singonijas, kas ir ļoti droša minerāla noteikšanas pazīme. Piemēram, rombiskās singonijas kombinētu formu kristāliem to piederību nepavisam nav vienkārši noteikt, ja to domās nesadala atsevišķās komponentēs (sk. 16. tabulu).

Vienkāršo formu apzīmēšanai lieto speciālus terminus, kuru pamatā ir sengrieķu valodas vārdi, kas piemēroti valodas lietošanas praksei un ne vienmēr ģeoloģijā tiek lietoti pareizi (sk. 17. tabulu).

Tomēr visplašāk kristālu formu apzīmēšanai izmanto tradicionālo ģeometrisko figūru nosaukumus (sk. 8.–15. tabulu), kuras zināmas jau kopš skolas, piemēram, skaldņu formas tetraedri, dipiramīdas, romboedri, skaloedri, trapecoedri un tamlīdzīgi. Mūsdienās ir izstrādātas vairākas datorprogrammas, kas ļauj noteikt, kāda būs minerālu kristālu ārējā forma atkarībā no minerāla ķīmiskā sastāva un piemaisījumiem¹.

2.5.2. Minerālu kristālu formas dabā

Kristāli ar ģeometriski pareizu formu, kas atbilst iepriekšējā nodaļā aprakstītajām vienkāršajām formām un to kombinācijām (saliktajām formām), ir ļoti reti. Tās var veidoties tikai tādos gadījumos, kad kristālu augšana notiek ideāli labvēlīgos apstākļos. Bet tādi pat mājas apstākļos no vārāmās sāls šķīduma ne vienmēr izdodas, pat vairākkārt mēģinot, un zinātnieki daudzus gadu desmitus centās tādus radīt laboratorijās, līdz tas tika panākts, un mūsdienās ir iespējams mākslīgi veidot šādus ideālos kristālus. Dabā šādi ideāli apstākļi ir reti, tāpēc arī sastopamie minerālu kristāli gandrīz nekad nav ģeometriski pareizu daudzskaldņu formā.

Ja kristalizācijas laikā apstākļi ir bijuši sevišķi noturīgi un vienlaikus ir bijis ierobežots skaits kristalizācijas centru, tad kristāli veidojas salīdzinoši lieli ar izteiktām un pareizām ārējām formām. Sevišķi nepareizas formas raksturīgas minerālu kristāliem, kas radušies vienlaikus lielā daudzumā ierobežotā telpā (parasti tieši šādi minerālu kristāliņi veido iežus). Bieži ir vērojamas dažādas novirzes

¹ Ir vairākas tādas datorprogrammas, un tās tiek reģistrētas Starptautiskajā kristalogrāfijas savienībā (*International Union of Crystallography*). Detalizētāk skatīt <http://www.iucr.ac.uk/>

no ģeometriski pareizām kristālu formām. Šādas novirzes rodas, kristāliem nevienādi augot ierobežotā telpā, pieklūstot piemaisījumiem vai nevienādas kristalizācijas vielai, ļoti būtiska ietekme ir arī temperatūrai, spiedienam, vielas koncentrācijai un šo parametru nemainīgumam.

Minerālam raksturīgās telpiskā režģa īpatnības no kristālu veidošanās apstākļiem nav atkarīgas, tāpēc arī ļoti blīvi auguši kristāliem tās visbiežāk saglabājas un tiem ir kādas raksturīgas ārējās formas pazīmes. Tās kopumā apzīmē par izskatu jeb habitusu. Kristāla habituss atkarīgs no tā, vai kristalizācijas procesā minerāla kristāls ir ieguvis izometrisku formu, vai veidošanās dažādos virzienos ir norisējusi dažādi, kā arī no kristāla skaldņu formām. Izometriski veidoti ir visi kubiskās singonijas kristāli, un šādu kristālu habituss var būt kubisks, oktaedrisks, rombododekaedrisks, heksoaktaedrisks utt. (sk. 8. tabulu). Kristāliem intensīvāk augot kādā vienā noteiktā virzienā, veidojas izstieptas vai prizmatiskas formas. Šādu kristālu habitusu apzīmē kā stabveida, adatveida, šķiedrveida un tamlīdzīgi. Ja kristāla veidošanās ir notikusi galvenokārt tikai divos virzienos, tad visbiežāk rodas plākšņveida, tabletveida, lapveida vai vīņņveida formas kristāli. Kristālu habituss nav atkarīgs no tā izmēriem.

Dabā sastopamo minerālu kristālu izmēri, arī proporcijas uz asīm, var būt ļoti dažādi, bet izņēmums ir tikai kubiskās singonijas kristāli, kuri vienmēr ir izometriski. Kā izcili dabas retumi ir zināmi unikāli kvarca, ģipša, laukšpatu kristāli, kuru garums sasniedz vairākus metrus un masa – vairākus desmitus tonnu. Taču daudzi minerāli sastopami tikai ļoti niecīgu, bieži pat mikroskopisku, daļiņu veidā. Šādu minerālu ir salīdzinoši daudz īpaši silikātu grupās, piemēram, tādi ir visi mālu minerāli. Tomēr visbiežāk minerālu kristālu (minerālu graudu) lielums mainās robežās no dažām desmitdaļām milimetra līdz vienam centimetram. Lai arī visvairāk ir tieši sīko kristāliņu, lauka apstākļos īpašības var noteikt tādiem minerāliem, kuru izmēri nav mazāki par nepilnu milimetru. Mazāki graudiņi ir pētāmi laboratorijās.

2.6. Minerālu dabiskie agregāti

Visizteiksmīgākie un drošāk nosakāmi ir atsevišķi kristāli, kuru veidošanās apstākļi ir bijuši tuvi ideāliem. Tiem ir ģeometriski precīzas formas, viendabīgs ķīmiskais sastāvs un citas īpašības. Šādus kristālus sauc par monokristāliem, un tie dabā ir sastopami reti.

Minerālu kristāli var veidot savdabīgus regulārus, nereti ģeometriski pareizus saaugumus. Ja vairākums vai visas vienādi orientētas kristālu skaldnes un šķautnes saaug paralēli, to dēvē par paralēlo saaugumu. Ja paralēli ir orientēta daļa kristalogrāfisko elementu, šādus saaugušus kristālus sauc par dvīņu kristāliem jeb dvīņkristāliem. Tādus minerāliem raksturīgus dvīņu saaugumus bieži veido ģipsis ("bezdelīgās astes" kristāli), fluorīts, nereti arī plagioklāzi. Plagioklāzi var veidot arī daudzu atsevišķo kristālu dvīņu saaugumus, un tos parasti dēvē par polikristāliskiem dvīņiem.

Daudz biežāk minerāli veido vairāku vai daudzu atšķirīgu kristālu graudu sakopojumus, ko sauc par minerālu dabiskajiem **agregātiem**. Atkarībā no tā, vai minerālu agregāti ir veidoti no viena minerāla vai vairāku dažādu minerālu graudiem, izšķir monominerālos un poliminerālos agregātus.

Minerālu **drūzas** ir kristālu sakopojumi, kas rodas, tiem augot uz kādas kopīgas pamatnes. Šādos gadījumos minerālu kristālu simetrijas elementus un atsevišķās skaldnes var saskatīt tikai kristālu brīvajos galos (virsošanās). Drūzas ļoti bieži veido kvarcs, kalcīts, barīts, fluorīts un daudzi citi minerāli.

Paralēlus agregātus veido blakus izvietoti un paralēli orientēti, stipri izstieptas formas kristāli, kuru garums daudzkārt pārsniedz to izmērus šķērsgrīzumā. Šādi šķiedrveida agregāti raksturīgi azbestam, ģipsim. Citiem minerāliem tādi agregāti ir daudz retāk.

Sekrēcijas rodas, minerāliem izveidojoties uz tukšas telpas sienām un pēc tam pakāpeniski augot virzienā uz centru. Sekrēciju formas, ja to izmēri nepārsniedz 10 mm, parasti sauc par minerālu mandelēm, lielāku izmēru sekrēcijas dēvē par žēodām. Sekrēcijas visbiežāk veido kalcīts, kvarcs, gēīts un citi minerāli.

Žeodas (geodas) ir minerālu veidojumi iežu tukšumos, kur minerālu kristalizācijas laikā sākotnēji pārsātinātā šķīduma nav bijis pietiekamā daudzumā, lai tukšumu pilnīgi aizpildītu ar kristāliem.

Raksturīga ir šādu formu aizaugšana no perifērijas uz centru, tādējādi lielāko žeodu centrā bieži izvietojas kristālu atlūzas un citu minerālu veidojumi. Visbiežāk žeodas aizpilda kalciāta un kvarca minerāli.

Konkrēcijas ir apaļas vai ieapaļas, plakaniski saspīestas vai neregulāras formas minerālu sakopojumi – agregāti, kas visbiežāk veidojas nogulumiežos, adatveida kristāliem augot no centra uz visām pusēm. Konkrēciju aizpildīšanās parasti notiek no perifērijas uz centru. Šādu radiāli starainu konkrēciju izmēri mainās no dažiem milimetriem līdz vairākiem metriem. Konkrēciju veidā visbiežāk sastopami ir apatīts (fosforīti), arī markazīts un kalciāts.

Oolīti ir konkrēcijām tuvi veidojumi, bet parasti nelieli (šķērs-griezumā līdz 5 mm) apaļas vai ovālas formas minerālu veidojumi ar koncentriski kārtainu uzbūvi. Oolītu veidošanās notiek, minerāliem izgulsnējoties koncentriskās kārtiņās ap kādu sākotnējo centru. Par tādu visbiežāk kalpo smilšu graudiņi, organiskas cilmes atliekas, retāk māla piciņas. Oolītu sakopojumi veido atsevišķus agregātus vai pat iežus, piemēram, oolītu kaļķakmeņus. Plaši izplatītas ir oolītu dzelzs hidroksīdu veidoti rūdu agregāti (“pupu” vai “zirņu” rūdas, ezera vai purvu rūdas), kā arī retu minerālu sakopojumi ap karstiem avotiem (“zirņakmeņi”). Šādā veidā sastopams aragonīts, kalciāts, gēnīts, hidroģēnīts un daži citi minerāli.

Mūsdienās reti, bet joprojām ir sastopami oolītiem līdzīgi minerālu agregāti, kas atšķiras ar savu rupji kārtaino uzbūvi un lielajiem izmēriem (līdz vairākiem metriem diametrā). Tās ir gludas, ieapaļas formas un tikai melnā, brūnā vai sarkanā krāsā. Tās visbiežāk sauc par “stikla” jeb “dzelzs” galvām; ja tās no ārpuses ir klātas ar baltu karbonātu vai ģipša kārtu – par “cukura” galvām. Tie ir dzelzs oksīdu un hidroksīdu veidojumi (brūnas krāsas slānīšos dominē limonīts, sarkanajos – hematīts).

Dendrīti ir minerālu sīkkristāliski plānu kārtiņu veidojumi, kas pārklāj citu minerālu virsmu. Ļoti bieži tie sastopami plaisās, uz sienīņām, tukšumos. Dendrītos kristālu sakārtojums atgādina koka zarojumu, kas arī izmantots šādu agregātu apzīmēšanai. Dendrītus veido ļoti daudzi dzelzs un mangāna minerāli un savienojumi, tīrradņu metāli un citi minerāli.

Garozas veidojas, iztvaikojot minerālu ūdens šķīdumam un daļai no viegli gaistošiem ķīmiskajiem savienojumiem. Nereti īpatnējās

formas dēļ šādus agregātus apraksta kā nierveida, ķekarveida un tamlīdzīgi. Garozām šķērsgriezumā bieži ir labi redzama radiāli staraina vai koncentriski zonāla uzbūve. Šādā veidā bieži sastopams gētijs, kalcīts, limonīts, opāls, kvarcs, malahīts un citi minerāli.

Stalaktīti un stalagmīti veidojas tikai iežu tukšumos, brīvajā telpā minerālu šķīdumiem izgarojot. Tie veidojas no izšķīdušiem sāļiem bagātiem ūdens pilieniem, pakāpeniski iztvaikojot. Izšķir divas raksturīgas formas – kā lāstekas (stalaktīti) vai – pretēji – no lejas uz augšu augošas stabveida formas (stalagmīti). Nereti šīs pretējās formas var savienoties, veidojot stabus, kolonnas un līdzīgas struktūras (stalagnātus). To izmēri var būt no dažiem milimetriem līdz vairākiem, pat desmit, metriem. Stalaktīti un stalagmīti parasti veidoti no kalcīta, aragonīta, ļoti reti no kvarca, gētiņa un citiem minerāliem.

Zemjaini agregāti un uzsodrējumi ir ļoti sīku pulverveida minerālu graudiņu sakopojumi, kas rodas dažādos dēdēšanas procesos, kā arī uzkrājoties avotu tuvumā ūdensbaseinos. Zemjaini agregāti ir plaši izplatīti, bet tie ir mehāniski un ķīmiski salīdzinoši nestabili veidojumi, uzsodrējumu veidoto kārtiņu biežums parasti ir neliels. Zemjainas masas visbiežāk veido hidroksīdu un karbonātu minerāli.

Graudaini agregāti ir izplatītākais minerālu agregātu veids. Tie ir kristālisko graudu sakopojumi, kas ļoti bieži sastopami kā iežu slāņi vai citādas formas ģeoloģiski veidojumi (formas, ķermeņi). Šādi graudaini agregāti ir, piemēram, granīts, marmors, arī smiltis. To uzbūve var būt vienmērīga un – pilnīgi pretēji – nevienādi graudaina. Pēc graudu izmēriem šos agregātus iedala lielgraudainos (lielāki par 10 mm), rupjgraudainos (no 5 līdz 10 mm), vidēji graudainos (ar vidēja lieluma graudiem – no 1 līdz 5 mm), smalkgraudainos (izmēri mazāki par 1 mm, atsevišķi graudi ir atšķirami bez lupas) un sīkgraudainos jeb slēptkristāliskos agregātos (graudi redzami tikai ar lupu vai plānslīpējumos mikroskopā). Tieši graudainu agregātu veidā ir sastopami gandrīz visi Zemes garozas galvenie minerāli.

2.7. Minerālu fizikālās īpašības

Sastāva, veidošanās apstākļu un kristāliskā režģa īpatnību dēļ katram individuālam minerāla graudiņam ir savas īpašības, un, tā katru graudiņu ļoti detalizēti pētot, var ļoti individuāli arī raksturot un

nosaukt. Lai tomēr šādu graudiņu skaits nebūtu bezgalīgi liels vai salīdzināms ar zvaigžņu skaitu debesīs, minerālu apzīmēšanai un nosaukumu veidošanai ir noteikta kārtība. Tā sakņojas jau viduslaikos, kad minerālu īpašību noteikšanai bija visai ierobežots pētniecības instrumentu un paņēmieni skaits, ļaujot ne tikai noteikt pašas īpašības un tās salīdzināt, bet arī salīdzināt tās ar līdzīgiem minerāliem, kas tika atrasti dažādās vietās. Tajos laikos minerāliem tika piedēvētas dažādas pārdabiskas īpašības, un daļa no tām pat mūsdienās ir zināmas kā minerālu vai to paveidu īpašā patronāža pār dažādām zodiaka zīmēm un tamlīdzīgi. Ļoti daudzās minerālu noteikšanas alķīmiķu praktizētās metodes turpmākajos gadsimtos aizstāja mūsdienīgākas analītiskās ķīmijas metodes, taču gandrīz nemainīgas ir palikušas minerālu vizuālās un vienkāršoti nosakāmo fizikālo īpašību noteikšanas metodes. Šāda diagnostika vienmēr ir subjektīva, tātad visai aptuvena, un mūsdienās tādā veidā minerālu var noteikt tikai orientējoši. Precīzākiem novērtējumiem ir nepieciešamas īpašas minerāla optisko īpašību un kristāliskā režģa analīzes.

Lai diagnosticētu minerālus, vizuāli nosakāms ir minerālu caurspīdīgums, krāsa, spīdums, skaldība, laužuma virsma. Ar vienkāršiem palīgīdzekļiem ir nosakāma minerālu cietība, trauslums, blīvums (īpatnējais svars), kā arī kaļamība, elastība, magnētisma īpašības un luminiscence.

Minerāla **caurspīdīgumu** raksturo minerālu kristālu spēja laist cauri gaismas starus. Pēc caurspīdīguma tos iedala parasti trīs grupās:

- ✓ caurspīdīgie minerāli, caur kuru kristāliem var skaidri saskatīt attēlu vai rakstu (ledus, halīts);
- ✓ puscaurspīdīgie jeb daļēji caurspīdīgie, caur kuriem attēls ir grūti saskatāms (biotīts, kalcīts);
- ✓ necaurspīdīgie – pat ļoti plānas kristālu plāksnītes ir gaismu necaurlaidīgas (grafīts, magnetīts, silvīns).

Vienam un tam pašam minerālam var būt atšķirīgs caurspīdīgums atkarībā no piemaisījumiem, kristālu lieluma un arī apgaismojuma. Ja minerāli ir graudainu agregātu veidā, gaismas stari to iekšienē izkļiedējas un atstarojas, radot maldīgu priekšstatu par minerālu kā necaurspīdīgu. Caurspīdīgumu nevajag mēģināt noteikt ļoti sīkiem kristāliņiem, zemjainām masām vai uzsūbējumiem, kā arī agregātos, kuros vienlaikus ir vairāki minerāli.

Minerālu krāsa var būt no bezkrāsainas līdz melnai, aptverot visas krāsas un nokrāsas. Visbiežāk krāsu nosaka minerāla ķīmiskais sastāvs, nereti to ietekmē un maina arī piemaisījumi un pētāmā minerāla caurspīdīgums. Minerālu krāsu nevar noteikt, ja tā virsma ir puteļaina vai pārklāta ar apsūbējumu. Retāk minerāliem piemīt virsmas vizuālošanās jeb irizācija, tā ir gaismas interference uz kristālu skaldņu virsmas. Tomēr ļoti daudzos gadījumos minerālu krāsa ir ļoti raksturīga vai tipiska, un tā kopā ar citām īpašībām ir pietiekami droša diagnostikas pazīme, bet tikai tad, ja minerāls nesatur daudz piejaukumu un tam ir pilnīgi izveidojušies kristāli. Cīnobra raksturīga krāsa ir sarkana, sēram un auripigmentam – dzeltena, malahītam un smaragdām – zaļa, grafitam – melna. Tomēr dabā minerālu krāsa daudz biežāk ir ļoti nepastāvīga, un vienam un tam pašam minerālam var būt dažādas krāsas. Piemēram, fluorīts, turmalīns un kvarcs dabā ir ļoti dažādās krāsās, un pat viena šāda minerāla kristāla dažādas daļas var būt atšķirīgi iekrāsotas.

Daudz noturīgāka un līdz ar to drošāka diagnostiskā pazīme ir minerālu pulvera krāsa. To cilvēki sen prata arī izmantot, iegūstot dažādas minerālkrāsas (dabiskas vai mākslīgi iegūtas minerālvielas, pulveri šķīdinot eļļā). Minerālu noteikšanai šādu pulveri iegūst, ar minerālu velkot svītru uz neglazētas porcelāna plāksnītes (tāpēc to arī sauc par svītru). Sevišķi svarīga ir svītras krāsa, nosakot necaurspīdīgos minerālus, kuru kristālu krāsa mainās visbiežāk. Tumšu krāsu minerāliem kristāla un tā pulvera krāsa var atšķirties, tāpēc svītra ir ļoti nozīmīga minerālu diagnostiska pazīme. Nosakot minerālu svītru, ir svarīgi to veikt akurāti – svītra ir jāvelk ar konkrēti analizējamo minerālu, kas ne vienmēr ir vienkārši, ja paraugā ir vairāki minerāli kopā. Minerāla krāsu ir grūti vai pat neiespējami iegūt no zemjainas vai sīkkristāliskas vairāku minerālu kopīgi veidotas masas, kā arī, ja minerāla cietība pārsniedz 6–6,5 (jo tad analizējams minerāls skrāpē pašu porcelānu un iegūtā svītra ir porcelāna pulveris).

Minerālu **spīdums** ir atkarīgs no gaismas atstarošanas spējas, kura savukārt saistīta ar gaismas adsorbciju un laušanu uz minerāla graudu virsmas. Vizuāli parasti izšķir šādus galvenos minerālu spīduma veidus:

- ✓ metāla jeb metāliskais spīdums – atgādina pulētas metāla virsmas

spīdumu, raksturīgs visiem tīrradņu metāliem un lielākajai daļai sulfīdu minerālu (zelts, varš, pirīts, galenīts);

- ✓ pusmetālisks spīdums – atgādina nespodra, apsūbējuša metāla spīdumu (grafīts, magnetīts, limonīts);
- ✓ dimanta spīdums ir ļoti spožs, dzirkstošs nemetālisks spīdums (dimants, sfalerīts, cinobrs);
- ✓ stikla spīdums – atgādina krāsaina vai bezkrāsaina stikla spīdumu (kalcīts, halīts, kvarcs), tas ir vizizplatītākais minerālu spīduma veids;
- ✓ perlamutra spīdums piemīt minerāliem, kuru kristālu virsma laistās līdžīgi perlamutram; raksturīgs minerāliem ar labu un ļoti labu skaldnību (talks, ģipsis, muskovīts);
- ✓ zīdains spīdums – atgādina zīda šķiedras spīdumu (azbests, šķiedru ģipsis);
- ✓ taukains spīdums piemīt gaišas krāsas minerāliem, kuru virsma vienmēr šķiet nespodra, taukaina;
- ✓ matēts spīdums nozīmē, ka minerāla virsma nespīd, tāpēc šādus minerālus raksturo arī kā minerālus bez spīduma. Dabā šādu minerālu nav daudz, un parasti matēts spīdums piemīt spīdīgu minerālu ļoti sīkgraudainiem agregātiem. Ja spīdums ir ļoti vāji izteikts, to visbiežāk apzīmē kā vaska vai sveķainu spīdumu, bet par minerāliem bez spīduma visbiežāk sauc zemjainas, porainas masas, uzsūbējumus, kuros individuālos minerālus pat zem lupas nav iespējams droši atšķirt.

Par **skaldību** jeb skaldenību (skaldnību) sauc kristālu spēju sašķelties noteiktos virzienos, veidojot gludas, spīdīgas skaldnības plaknes, kuru virzieni gandrīz vienmēr sakrīt ar skaldņu virzieniem uz pareizi veidoto kristālu virsmas. Pēc minerālu spējām veidot šādas virsmas izšķir piecas skaldnības pakāpes:

- ✓ skaldnība ir ļoti laba, ja kristāls šķeļas paralēlos virzienos, veidojot plānas lapiņas vai plāksnītes (muskovīts, biotīts, talks);
- ✓ skaldnība ir laba, ja kristāls sadalās daļās, kuru forma līdžīga veselā kristāla ārējai formai (galenīts, kalcīts, halīts);
- ✓ skaldnība ir vidēja, ja uz kristāla graudu šķembām labi ir redzamas gan gludas, spīdīgas skaldnības plaknes, gan nelīdzenas laužuma virsmas (laukšpati, ragmāņi);
- ✓ skaldnība ir vāja jeb nepilnīga, ja minerāla skaldnības plaknes

salīdzinājumā ar nelīdzenajām laužuma virsmām redzamas daudz retāk (apatīts, sērs);

- skaldnība ir ļoti vāja (ļoti nepilnīga), ja skaldnības pazīmes saskatāmas tikai dažos gadījumos;
- skaldnība ir neizteikta vai skaldnības nav, ja, šķeļot minerālu, tā raksturīgās spīdīgās virsmas nav konstatējamas (korunds, magnetīts, tīrradņu metāli, minerālu zemjainas masas un uz-sūbējumi).

Šķeļot vai laužot kristālus virzienos, kas neatbilst to dabiskās skaldnības plaknēm, var veidoties lūzuma (lauzuma) virsmas, pēc kuru īpatnībām izšķir līdzenu (halkopirīts), nelīdzenu (apatīts), skabargainu (azbests, šķiedru ģipsis) un gliemežnīcas (kvarcs, krams, opāls) laužumu. Minerālu diagnostikā lieto abus vārdus – lūzums un laužums, tomēr pareizāk būtu lietot “lauzums” un ar “lūzumu” apzīmēt skaldnības raksturu.

Cietība ir viena no minerālu noteikšanas svarīgākajām pazīmēm, un tā raksturo minerālu spēju pretoties ārējai mehāniskai iedarbībai. Visbiežāk to nosaka, skrāpējot viena minerāla kristālu ar otra minerāla (parauga) asu šķautni. Ja pirmais no šiem minerāliem būs mīkstāks, uz kristāla virsmas parādīsies skramba.

Lai iegūtu kāda minerāla cietības raksturojumu, tas jāsalīdzina ar minerāliem, kas pieņemti par cietības etaloniem un sakārtoti kādā noteiktā kārtībā. Vienkāršotiem pētījumiem piemērotākā ir Frederika Mosa (*F. Mohs*, 1773–1839) skala, kas visā pasaulē tiek izmantota kopš 1822. gada. Sākotnēji skala bija paredzēta tikai nemetālu un dabas minerālu noteikšanai, bet to drīz sāka izmantot daudz plašāk pētījumiem dabā un ķīmijā. Skalā (sk. 18. tabulu) salīdzinoši labi izplatīti minerāli ir sakārtoti tādā kārtībā, ka katrs šīs skalas minerāls ir cietāks par iepriekšējo (katra Mosa skalas minerāla kārtas numurs atbilst tā cietības skaitliskajam raksturojumam).

Izmantojot Mosa skalu, jebkura minerāla cietību (T) var izteikt ar skaitļiem no 1 līdz 10, tos precizējot līdz 0,5. Piemēram, ja ar minerālu, kam jānosaka cietība, var ieskrābāt kalcīta kristālu, bet pašu to var ieskrāpēt ar fluorītu, tad pārbaudāmā minerāla cietība ir 3,5. Tā ir relatīva skala, līdz ar to veiktajiem mērījumiem nav noteiktu mērvienību, tomēr ļoti reti var sastapt cietības novērtējumu “Mosa skalas vienībās”, kas ir viens un tas pats.

18. tabula. Mosa minerālu cietības skala

Cietība	Minerāls	Cietība	Minerāls
1	Talks	6	Ortoklāzs
2	Ģipsis	7	Kvarcs
3	Kalcīts	8	Topāzs
4	Fluorīts	9	Korunds
5	Apatīts	10	Dimants

Atkarībā no fizikālajām īpašībām minerālus visbiežāk grupē:

- ✓ mīkstajos – ar cietību līdz 2 (var ieskrāpēt ar nagu);
- ✓ vidēji cietos – ar cietību no 2,5 līdz 5 (var ieskrāpēt ar nazi vai stiklu);
- ✓ cietajos, kuru cietība ir lielāka par 5.

Dabā visvairāk izplatīti ir vidēji cietie minerāli, tiem seko cietie, bet mīkstie veido vismazāko minerālu grupu. Un pilnīgi pretēji – Zemes virspusē visizplatītākie ir vidēji cietie, tiem seko mīkstie un cietie, bet to proporcijas mainās dziļumā, kur absolūti dominē cietie minerāli.

Nosakot minerālus, nereti ir gadījumi, kad cietība kristālu struktūras anizotropijas dēļ var dažādos virzienos ievērojami atšķirties, tomēr parasti šīs atšķirības nepārsniedz Mosa skalas vienas iedaļas vērtību. Nosakot cietību, var skrāpēt tikai tādus minerālu graudus, kuru skaldnes ir pietiekami lielas šāda pētījuma veikšanai. Skrāpējot smalkgraudainus vai pulverveida agregātus, tie var drupt, un uz parauga virsmas radušās skrambas raksturos nevis minerāla cietību, bet gan tā graudiņu saistījuma pakāpi, cementā esošos minerālus vai kādus citus minerālus iezī, kuru īpašības nebija paredzēts noteikt.

Pagājušajā gadsimtā tika izstrādātas vairākas citas minerālu cietības noteikšanas shēmas un pat metodes un skalas (Rosivala, Martenesa, Hruščova un citas), tomēr to izmantošana izrādījās daudz neparocīgāka un ne vienmēr arī drošāka minerālu noteikšanā. Mūsdienās rūpnieciskām vajadzībām cietību nosaka instrumentāli kā pretestību. Tas ir svarīgs rādītājs, novērtējot iezu un minerālu abrazīvās un mehāniskās noturības īpašības¹.

¹ Detalizētāk skatīt, piemēram, *Indentec Hardness Testing Machines Limited* <http://www.indentec.com/>

Triecienizturība jeb trauslums, kaļamība un elastība nozīmē minerāla spēju trieciena ietekmē drupt, plastiski deformēties vai arī pēc slodzes noņemšanas atkal atgūt iepriekšējo stāvokli. Tās nav raksturīgākās minerālu īpašības, tomēr dažos gadījumos tās var būt svarīgas. Trauslumu un kaļamību visbiežāk nosaka pēc skrambas īpatnībām, skrāpējot trauslus minerālus (piemēram, halītu vai ģipsi). Tādā veidā pie skrambas parādās arī minerāla pulveris, bet minerāliem ar labu kaļamību veidosies gluda skramba ar noapaļotām malām un raksturīgu metālisku spīdumu (tūrradņu metāli, kuprīts, bornīts). Elastība parasti raksturīga silikātiem (vīzlām un azbestam), kuri ar to atšķiras no citiem pēc ārējā izskata līdzīgiem minerāliem (piemēram, ragmāņiem un šķiedru ģipša).

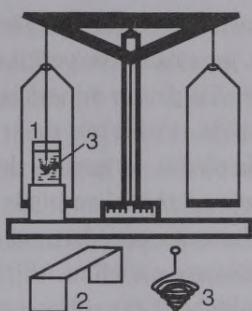
Blīvums ir viena no svarīgākajām minerālu pazīmēm, kuru ļoti plaši izmanto, tos diagnosticējot. Minerālu blīvums (īpatnējais svars) ir atkarīgs no ķīmiskā sastāva un minerāla kristāliskās struktūras. Minerālus nosacīti iedala četrās galvenajās grupās: vieglos (blīvums līdz $2,5 \text{ g/cm}^3$), vidēji smagos (blīvums $2,5$ līdz 4 g/cm^3), smagos (blīvums 4 līdz 8 g/cm^3) un ļoti smagos (blīvums augstāks par 8 g/cm^3). Ģeoloģijā un mineraloģijā ļoti bieži blīvuma apzīmēšanai lieto skaitliskās vērtības, nenorādot mērvienības; tas nav pareizi, bet ir ērti, īpaši, ja kāda minerāla raksturojumam ir nepieciešams pievienot desmitiem dažādu rādītāju ar to mērvienībām. Tātad, ja kādā grāmatā vai tabulā blīvums tiek raksturots tikai ar skaitli, tad tas ir izteikts g/cm^3 . Precīzi blīvumu nosaka tikai laboratorijā, taču pēc nelielas ievingrināšanās nereti pietiekami labu priekšstatu par to var gūt, minerāla paraugu pasvārstot rokā. Nepieciešams, lai šis paraugs nebūtu pārāk mazs un lai tas nesaturētu daudz citu minerālu piemaisījumu. Šādi ir iespējams blīvumu noteikt ar precizitāti līdz $0,2 \text{ g/cm}^3$, kas ir ļoti jutīgs rādītājs daudzu minerālu diagnosticēšanā (metālu rūdas, bārīts, talks).

Lai noteiktu sasmalcinātu minerālu blīvumu, lieto īpašus smagos šķīdumus. Plašāk izmanto bromoformu (blīvums $2,8\text{--}2,9 \text{ g/cm}^3$) un jodmetilēnu (blīvums $3,3 \text{ g/cm}^3$). Iegremdējot pētāmā minerāla graudiņus šādā šķīdumā, var konstatēt, vai tie peld vai grimst, un pēc tā var spriest par minerāla blīvumu.

Ir divas metodes, kā vienkāršoti noteikt blīvumu, un tās ir pietiekamas minerālu pētījumiem (sk. 5. attēlu).



Švarca svāri



Pielāgoti tehniskie svāri. Apzīmējumi:
 1 – trauciņš ar verdošu destilētu ūdeni;
 2 – tiltiņš pāri svaru kausam;
 3 – spirāles kausiņš minerāla ievietošanai.

5. attēls. Minerāla blīvuma noteikšana ar Švarca un pielāgotiem tehniskiem svāriem

Švarca svāri ļauj minerālu masu noteikt gaisā (augšējais stāvoklis attēlā) un destilētā ūdenī, kas ļauj aprēķināt blīvumu kā gaisā iegūtu masu, dalot to ar masu starpību, kas iegūtas gaisā un ūdenī. Iesvaram mērījumiem ir jābūt aptuveni 5–8 grami. Blīvuma noteikšanai var piemērot arī parastos tehniskos svarus, ar kuriem līdzīgi veic minerāla svēršanu gaisā un ūdenī.

Magnētisma īpašības piemīt ļoti daudziem magmatiskas un metamorfiskas izcelsmes minerāliem, kuru sastāvā ietilpst dzelzs, kobalts un niķelis. Daži no tiem var būt feromagnētiski un paši pievilk dzelzs priekšmetus (piemēram, magnetīts, bornīts), taču visbiežāk tie ir paramagnētiski minerāli, kuru magnētisma īpašības parādās tikai inducētā magnētiskā laukā. Ir zināmi arī diamagnētiski minerāli, kurus magnēts atgrūž. Lauka darba apstākļos magnētisma īpašības konstatē pēc feromagnētisko minerālu iedarbības uz kompasu adatu vai arī uz diegā iekārtu tērauda šujamadata. Tomēr precīzākiem novērojumiem ir nepieciešams iegūt pārbaudāmā minerāla pulverīti, to izbērt uz baltas papīra lapas un tad zem tās ievietot magnētu. Magnētu pārvietojot, tam “sekos” magnētiskas minerālu daļiņas. Tas ļaus novērtēt ne tikai minerāla sīko graudiņu magnētiskās īpašības, bet arī konstatēt tās daļiņas, kurām šīs īpašības nepiemīt. Ja

tas tiek konstatēts, tad ar lupu šie minerālu graudiņi jāpēta papildus, jo, visticamāk, jau sākumā pulverītis tika iegūts no dažādiem minerāliem.

Diezgan daudziem minerāliem piemīt **elektrovadītspēja**, arī **siltumvadītspēja**. Visbiežāk tie ir metālu tīrradņi, metālu sulfīdi un daži metālu oksīdi. Šo īpašību droši noteikt nepavisam nav vienkārši, ja nav pieejams pietiekami liels un viengabalains kristāls. Tomēr ar vienkāršu bateriju, spuldzīti un diviem vadiņiem var konstatēt pašu elektrovadīšanas parādību. Vairāki minerāli šo spēju zaudē pulverveida stāvoklī, un šīs īpašības nav nosakāmas sīkiem graudiņiem zem lupas vai mikroskopa.

Luminiscence ir minerālu spēja izstarot gaismu kādas ārējas iedarbības ietekmē. Minerālu luminiscence nereti noder par pazīmi minerālu noteikšanai vai to atšķiršanai no citiem minerāliem. Lai noteiktu šīs īpašības, minerālus var caurstarot vai apstarot saules gaismā, apstarojot ar kvarca lampu vai katodstariem, minerālus sildot, skrāpējot vai laužot. Visbiežāk luminiscentās īpašības nosaka, apstarojot ar katodstariem, kas ļauj droši nošķirt, piemēram, mākslīgi radītu stiklu un tā izstrādājumus no izskata ziņā līdzīgiem dabā sastopamiem minerāliem.

Ir zināmi minerāli, kas ir gaismas jutīgi un pakļauti straujai oksidācijai. Tie ir ķīmiski nestabili minerāli, kuru sastāvā visbiežāk ir dzelzs hidroksīdi un hidrofosfāti, retāk tie ir dzelzs sulfīti. Šādu minerālu noteikšana zemes virsū ir ļoti apgrūtināta, jo gaisa klātbūtnē tie pārvēršas par citiem minerāliem, neļaujot noteikt sākotnējo to piederību. Raksturīgs piemērs ir Latvijā bieži sastopamais vivianīts.

Minerāliem piemīt arī vairākas citas īpašības. Ir, piemēram, degoši minerāli (tīrradņu sērs, kas viegli aizdegas un degot izdala raksturīgu smaku). Tādu pašu smaku pēc asa uzsitiena izdala pirīts un markazīts, no arsēna minerāliem šādos gadījumos izdalās vielas, kas ož pēc ķiplokiem (arsenopirīts). Īpatnēja, asa smaka dažreiz rodas, sasmalcinot un saberžot pulverī kvarcu, kalcītu un fluorītu; daži fosforīti (apatīts), ja tos berž, ož pēc apdegušas ādas vai vilnas. Raksturīga smaka ir samitrinātiem dažiem mālu minerāliem. Dažus minerālus (halītu, silvīnu, mirabilītu) viegli noteikt pēc tiem raksturīgās garšas.

Vairāki minerāli, piemēram, talks vai tīrs grafiīts, aptaustot tos ar pirkstiem, šķiet taukaini, turpretī citu minerālu, piemēram, gētiņa, boksīta, virsma aptaustot šķiet raupja, sausa, asa. Dažiem minerāliem

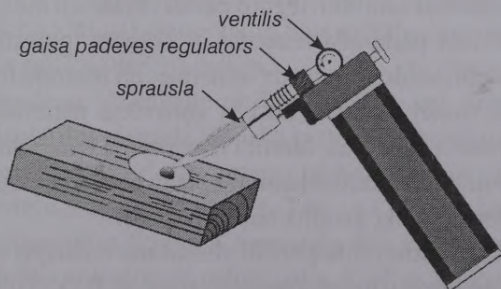
piemīt izteiktas higroskopiskas īpašības: kaolinīts līp pie valgām lūpām vai mēles, halīts vienmēr piesaistīs gaisa mitrumu, un tā kristālu virsmas kļūs matētas ar it kā kusuma pēdām. Visiem karbonātu klases minerāliem raksturīga reakcija ar vāju sālsskābi, izdaloties ogļskābajai gāzei un veidojot uz apstrādātās virsmas smalku baltu smērējošu pulverveida masu. Pēc apstrādes ar sālsskābi visiem dzelzi saturošiem karbonātiem uz apstrādātās vietas paliks brūns dzelzs hidroksīdu traips.

Vairākiem minerāliem tā ķīmiskā sastāva dēļ ir raksturīgas reakcijas paaugstinātā temperatūrā. Tas bija zināms jau ļoti senos laikos, un tieši ugunī tika pārbaudīts rūdu (derīgā) minerālu daudzums iezī pēc kūstamības un liesmas krāsas.

Liesmas krāsa pati par sevi neļauj nosaukt konkrētu minerālu, bet ļauj noteikt minerālus veidojošos ķīmiskos elementus, pēc kuriem var spriest par minerāliem. Raksturīgas liesmu krāsas ir vairākiem plašāk izplatītiem ķīmiskajiem elementiem (sk. 19. tabulu).

Vēlākos gados to sauca par pārbaudēm ar pūšamo (lodējamo jeb kausējamo) caurulīti, un tās plaši izmantoja viduslaiku alķīmiķi (sk. 6. attēlu). Tieši minerālu kolekciju sakārtošanai to pirmoreiz aprakstīja R. Boils 1661. gadā.

Minerāla daļu saberž smalkā pulverī, novieto uz kokogles un aizdedzina pie minerāla pulvera ar sērskociņu. Tad ar pūšamo caurulīti vienmērīgi un nepārtraukti pūš gaisu. Vispirms kokogle sāks kvēlot, un tad varēs novērot reakciju kā lodītes veidošanos un to salīdzināt ar L. fon Kobela klasifikāciju (*von Kobell*, 1839). Tomēr šādas pērlītes veido visai ierobežots minerālu skaits, biežāk ir vērojama minerālu plaisāšana, vai tie vispār nekūst.



6. attēls. Minerālu pārbaude pēc reakcijas, karsējot uz kokogles

19. tabula. Raksturīga liesmas krāsa

Ķīmiskā elementa simbols	Raksturīga liesmas krāsa
As	Koši zila
B	Zili zaļa
Ba	Dzeltenīgi zaļa, noturīga krāsa
Ca	No oranžas līdz ķieģeļkrāsas tumši sarkanai
Cu	Zaļa (pēc samitrināšanas ar slāpekļskābi), gaišzila (samitrinot ar sālsskābi)
K	Violeta (jānovēro caur kobalta stiklu)
Li	Karmīnsarkana, nepastāvīga
Mo	Dzelteni zaļa
Na	Intensīvi dzeltena
P	Tumši zaļa
Pb	Tumši zaļa
Sb	Gaiši zaļa
Se	Ļoti gaiši zila
Sr	Karmīnsarkana
Te	Zili zaļa
Tl	Zaļa

Tāpēc tiek izmantoti citi paņēmieni pērlīšu iegūšanai. Vienkāršākais no tiem paredz minerāla pulverīti sajaukt ar 3–4 reizes lielāku daudzumu bezūdens sodas, ievietot maisījumu kokogles padziļinājumā un to pārbaudīt ar pūšamo caurulīti. Iegūto pērlīti vēl karstu mazgā destilētā ūdenī un pēc tam pārbauda reakcijas ar skābēm (parasti sālsskābi). Šādu sodas pērlīti veido ļoti daudz minerālu, un metode ir salīdzinoši plaši izplatīta, tomēr tā neļauj noteikt konkrētus minerālus, bet raksturīgus ķīmiskos elementus. Metodi izmanto, ja minerāla graudiņi ir ļoti sīki vai tiem ir tikai uzsūbējumu vai plānu kārtiņu agregāti, kuriem fizikālās īpašības noteikt gandrīz nav iespējams.

Sarežģītākas ir stiklveida pērlīšu veidošana reakcijās starp minerāla pulverīti un boraku (nātrija tetraborātu – $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$). Arī šādas pērlītes veido uz kokogles ar pūšamo caurulīti. Pēc lodītes krāsas

un tās viendabības ir iespējams ļoti precīzi noteikt vairākus desmitus metāla oksīdu un silikātu minerālu, kuri citādi nav viegli atšķirami. Ja stiklveida lodīte neveidojas, tad, turpinot pievadīt gaisu, liesmiņas krāsa mainīsies liesmiņas augšējā daļā, no gaiši iedzeltenas vai pat zilganas (atkarībā no pievadītā skābekļa daudzuma) iekrāsojoties zaļos vai sarkanos toņos. Tā ir ļoti jutīga analīze daudzu silikātminerālu diagnostikā, ļaujot viegli nošķirt tos, kuru sastāvā ir hlora, nātrija un dažu metālu joni. Lai diagnoze būtu precīzāka, svarīgi ir karstas pērlītes krāsas novērojumi oksidējošā liesmā un reducējošā liesmā apstrādātas lodītes krāsa pēc tās atdzišanas (sk. 20. tabulu).

Līdzīgi (sk. 21. tabulu) ar pūšamo caurulīti var veidot stiklveida pērlītes, minerāla pulverītim reaģējot ar fosfora sāli (amonija un nātrija hidrofosfāts $\text{NH}_4\text{NaHPO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$).

Mūsdienās šo metodi izmanto ļoti reti, jo ķīmiskās ekspresmetodes ir kļuvušas viegli pieejamas un realizējamas arī lauka apstākļos.

Vienkāršās ķīmiskās diagnostikas palīgmetodes izmanto diezgan plaši, ja vien pētāmais minerāls ir pieejams pietiekamā daudzumā. Vispazīstamākās ir pārbaudes ar vājām skābēm un dažiem raksturīgiem sāļu šķīdumiem.

- ✓ Pazīstamākā ir pārbaude ar 10% sālsskābi, kas ļauj droši noteikt karbonātu minerālus. Ar aukstu 10% sālsskābi kalcīts reaģē, intensīvi izdalot CO_2 , dolomīts reaģē vāji un tikai pulvera veidā, bet uz siderīta vienmēr paliks brūns dzelzs hidroksīdu traips.
- ✓ Pārbaude ar 10% bārija hlorīda (BaCl_2) šķīdumu ļauj droši noteikt sulfātu minerālus. Sulfāta minerālu sadrupina, ievieto mēģenē ar destilētu ūdeni, tad uzvāra, izšķīdinot daļu no minerāla. Pēc tam mēģenē iepilina bārija hlorīda šķīdumu, un, ja pārbaudāmais minerāls ir bijis sulfāts, var novērot baltas bārija sulfāta (BaSO_4) duļķes.
- ✓ Pārbaude ar 1% kobalta nitrātu $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ ļauj droši nošķirt divus izplatītus vienāda ķīmiskā sastāva karbonātus – kalcītu un aragonītu. Vajag dažus gramus pārbaudāmā minerāla pulvera, to ievieto mēģenē un uzlej 1–2 ml 1% $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ šķīduma. Vārot kobalta nitrāta šķīdumā, aragonīts drīz kļūst violets, bet kalcīts krāsu nemaina un paliek balts. Analīze ir tikai orientējoša, jo bārija un stroncija minerāli reaģēs līdzīgi aragonītam, bet

20. tabula. Raksturīga minerālu un boraka veidoto stiklveida pērļišu krāsa

Ķīmiskais elements	Pērļītes krāsa oksidējošā liesmā		Pērļītes krāsa reducējošā liesmā	
	Karsta pērļīte	Pēc atdzesēšanas	Karsta pērļīte	Pēc atdzesēšanas
Hroms	No dzeltenas līdz tumši sarkanai	No dzeltenī zaļas līdz zaļai	Smaragdzaļa	
Kobalts	Tumši zila			
Varš	No zaļas līdz tumši zaļai	No gaiši zilās līdz zaļi zilai	No bezkrāsainas līdz zaļai	Necaurspīdīgi sarkana
Dzelzs	No dzeltenas līdz sarkanai	No bezkrāsainas līdz dzeltenai	Gaiši brūni zaļa	Sūnu zaļa, brūni zaļa
Mangāns	Violeta	No sarkani violetas līdz melnai	Bezkrāsaina	No bezkrāsainas līdz gaiši dzeltenai
Molibdēns	No dzeltenas līdz tumši sarkanai	Bezkrāsaina	No dzeltenas līdz brūnai	No brūnas līdz tumši brūnai
Niķelis	Sarkani violeta	Sarkani brūna	Bezkrāsaina	Pelēka, tumši pelēka
Titāns	No bezkrāsainas līdz dzeltenai	Bezkrāsaina	No bezkrāsainas līdz dzeltenai	Dzelteni brūna
Urāns	No dzeltenas līdz sarkanai	No bezkrāsainas līdz dzeltenai	Tumši zaļa	
Vanādijs	No bezkrāsainas līdz gaiši dzeltenai	Zaļi dzeltena	Gaiši brūna	Zaļa
Volframs	No bezkrāsainas līdz dzeltenai	Bezkrāsaina	No bezkrāsainas līdz dzeltenai	Dzelteni brūna

dolomīts – līdzīgi kalcītam. Metode ir ļoti ierobežoti izmantojama pārkmeņotu organismu atlieku pētījumiem, jo būs konstatējami abi pētāmie minerāli dažādās to proporcijās.

- ✓ Pārbaude ar koncentrētu slāpekļskābi tiek izmantota, lai minerālos konstatētu fosforu. Minerāla graudiņu sasmalcina kopā ar amonija fosfāta molibdātu $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{MoO}_3$. Maisījumam

21. tabula. Raksturīga minerālu un fosfora sāls veidoto stiklveida pērlīšu krāsa

Ķīmiskais elements	Pērlītes krāsa oksidējošā liesmā		Pērlītes krāsa reducējošā liesmā	
	Karsta pērlīte	Pēc atdzesēšanas	Karsta pērlīte	Pēc atdzesēšanas
Hroms	Sarkana	Smaragdzaļa	Sarkana	Tumši zaļa
Kobalts	Tumši zila			
Varš	Zaļa	No gaiši zilās līdz zaļi zilai	No bezkrāsainas līdz zaļai	Sarkana, tumši sarkani brūna
Dzelzs	Dzelteni sarkana	No bezkrāsainas līdz zaļi dzeltenai	No dzeltenas līdz sarkanai	No bezkrāsainas līdz tumši brūnai
Mangāns	Brūni violeta	Sarkani violeta	Bezkrāsaina	
Molibdēns	Dzelteni zaļa	Bezkrāsaina	Tumši zaļa	Zaļa
Niķelis	No sarkanās līdz sarkani brūnai	No dzeltenas līdz sarkani dzeltenai	Bezkrāsaina	Pelēka līdz necaurspīdīgi pelēkai
Titāns	No bezkrāsainas līdz dzeltenai	Bezkrāsaina	Dzeltena	Violeta
Urāns	Dzeltena	Zaļi dzeltena	Zaļa	Smaragdzaļa
Vanādijs	No dzeltenas līdz oranži dzeltenai	Gaiši dzeltena	Gaiši brūna	Zaļa
Volframs	No bezkrāsainas līdz dzeltenai	Bezkrāsaina	Netīri zaļa	Zila

pievieno pilienu koncentrētas slāpekļskābes. Ja minerāls satur fosforu, maisījums iegūs dzeltenu krāsu.

- ✓ Brūnogli no akmeņogles var atšķirt, vārot kālija sārma KOH šķīdumā. Brūnoglēs esošās humīnskābes viegli pāriet KOH šķīdumā un krāso to brūnu (akmeņogles nekrāso). Brūnogles no akmeņoglēm atšķirt var, arī vārot 10% slāpekļskābes šķīdumā. Brūnogles iegūs dzeltenu vai pat sarkanbrūnu krāsu, turpretī tīras akmeņogles šķīduma krāsu neietekmēs.

Daudzu minerālu noteikšanai izmanto arī koncentrētas skābes. Ar tām ir jārikojas īpaši uzmanīgi, nav ieteicams tās izmantot ārpus telpām. Tās ir mērķtiecīgas analīzes, ja citas fizikālās īpašības neļauj pietiekami droši noteikt konkrēto minerālu. Tās ir senas minerālu pārbaūžu metodes (sk. 22. tabulu).

22. tabula. Raksturīgi ķīmisko reakciju piemēri

Pārbaudes veids	Raksturīga reakcija	Nosakāmais minerāls
Ar karaļūdeni	Šķīst vienmērīgi un mierīgi	Apatīts
Koncentrēta sālsskābe	Šķīst, veidojot receklainas nogulsnes	Nefelīns
Koncentrēta sālsskābe	Šķīst, veidojot pulverveida nogulsnes	Anortīts
Auksta 10% sālsskābe	Labi šķīst, izdalot ogļskābo gāzi	Kalcīts, siderīts, malahīts
Karsta 10% sālsskābe	Tikai karsta labi šķīst, izdalot ogļskābo gāzi	Magnezīts, dolomīts
Koncentrēta sālsskābe	Šķīst, izdalot sērūdeņradi	Sfalerīts, pirotīns
Koncentrēta sālsskābe	Šķīst, izdalot hloru	Piroluzīts, psilomelāns
Karsta koncentrēta sērskābe	Šķīst, izdalot fluorūdeņražskābi (konstatē pēc iedarbības ar stiklu)	Fluorīts
Koncentrēta sālsskābe	Šķīst, krāsojot šķidrums brūnu	Pirīts, gētīts

3

Minerālu veidošanās

Iežu aprites ciklā jaunu minerālu veidošanās – to pārveidošanās, noārdīšanās un citu minerālu veidošanās no sākotnēji augstas temperatūras un spiediena magmatiskiem līdz nogulumiežu sastāvdaļām un atkal jaunu minerālu veidošanās – ir ģeoloģisko procesu secīga virkne. Šajā ciklā ģeoloģiskos procesus, kuros rodas jauni minerāli, sauc par minerālveidošanās jeb mineraloģenēzes procesiem. Tie ir ļoti daudzveidīgi atkarībā no ārējās vides termodinamiskajiem apstākļiem, kā arī no to vielu fizikālā stāvokļa, sastāva un koncentrācijas, kas piedalās reakcijās.

Vislielākā daļa uz Zemes sastopamo minerālu ir radušies no šķīdām vielām – dažādu sastāvu kausējumiem, īstajiem vai koloidālajiem šķīdumiem. Pārējo minerālu veidošanās ir saistīta ar kristalizāciju no gāzveida vielām, aizvietošanās ķīmiskajām reakcijām un pārkristalizēšanās procesiem cietās vielās.

Minerālu veidošanās vienmēr ir saistīta ar papildu siltuma piesaistīšanu, un atkarībā no tā, vai minerālu veidošanās reakcijas notiek, izmantojot Zemes iekšējo siltumu, vai arī tiek patērēta no Saules starojuma saņemtā enerģija, procesi tiek raksturoti kā endogēnie vai eksogēnie.

Endogēnie procesi gandrīz vienmēr notiek liela Zemes paaugstināta spiediena un augstas temperatūras apstākļos. Tie ir visai atšķirīgi, tāpēc starp endogēniem procesiem nereti izšķir magmatiskos, pegmatītiskos, pneimatolītiskos, hidrotermālos un metamorfos minerālu veidošanās procesus.

Magmatiskajos procesos minerāli rodas tieši no magmas, tai pakāpeniski diferencējoties, atdziestot, sacietējot un veidojot kristālu graudus. Šajos procesos visbiežāk vienlaikus rodas vairāki minerāli, un tie veido graudainus, poliminerālus agregātus, piemēram, granītus, diorītus un citus magmatiskos iežus. Magmatiskie minerālu

veidošanās procesi notiek ļoti augstas temperatūras un parasti liela spiediena apstākļos visbiežāk lielā dziļumā (intruzīvie procesi), retāk – arī magmai izplūstot Zemes virsū vulkāniskās lavas veidā (efuzīvie procesi).

Pegmatītiskajos veidošanās procesos minerāli rodas, kristalizējoties no vielas, kas paliek pāri pēc tam, kad galvenā magmas materiāla daļa jau ir kristalizējusies un pārvērtusies minerālu graudos. Pegmatītu sākotnējam materiālam ir raksturīgs paaugstināts gaistošo komponentu saturs, kas veicina lielu kristālu veidošanos. Tāpēc kristalizācijas noslēguma stadijās veidojas raksturīgi minerālu agregāti – pegmatīti. Tie visbiežāk veidojas iežu plaisās, veidojot dzīslu tipa ieslēgumus un iežus, kam ir raksturīgs daudz lielāks minerālu graudu izmērs.

Pneimatolītiskie procesi notiek iežu plaisās vai arī Zemes virsū vulkānisko gāzu izplūdes vietās. Pneimatolītiskajos procesos no ķīmiskajiem elementiem veidojas ļoti labi izteikti tīrradņu sēra kristāli, bora minerāli un daudz citu minerālu, kuri magmā atrodas gāzveida stāvoklī.

Hidrotermālajos procesos minerāli izdalās no karstiem ūdens šķīdumiem (hidrotermām). Minerāli šajos procesos rodas iežu plaisās, kondensējoties magmatiskas izcelsmes ūdens tvaikiem, kas bagātināti ar gaistošiem elementiem, daudziem metāliem un to savienojumiem, kas, pārvēršoties minerālos, veido visdažādāko metālu rūdu un tīrradņu minerālu dzīslu iegulas.

Metamorfisma procesos minerāli rodas no agrāk izveidotiem minerāliem, pārveidojoties paaugstināta spiediena un temperatūras apstākļos, kontaktā ar magmu vai reaģējot ar ķīmiski aktīviem šķīdumiem, tvaikiem un gāzēm dziļumā. Metamorfisma procesos iežos un citos minerālu agregātos nesaglabājas ūdenī pat grūti šķīstoši minerāli, bet tie minerāli, kuru sastāvā ietilpst kristalizācijas ūdens, to zaudē.

Eksogēnie procesi notiek Zemes virsējā kārtā vai ļoti nelielā dziļumā zemas temperatūras un tāda spiediena apstākļos, kas tuvs atmosfēras spiedienam, un vidē, kur ķīmisko reakciju realizācijai ir pieejams skābeklis. Lai raksturotu minerālu veidošanās procesus, svarīgi ir nošķirt atšķirīgos ne tikai vides reakcijas apstākļus, bet arī dēdēšanas, sedimentācijas un bioloģiskos minerālu veidošanās eksogēnos procesus.

Dēdēšanas procesos jau senāk radušies minerāli un to agregāti pārveidojas – tie mainās atmosfēras gāzu (galvenokārt O_2 un CO_2), ūdens un organismu ķīmiskās iedarbības ietekmē. Tā galvenokārt no dažādiem endogēniem minerāliem to noārdīšanās un pārveides gaitā veidojas jauni – dēdēšanas – minerāli. Raksturīgi ir gandrīz visi mālu minerāli, boksītu minerāli, limonīts un citi. Dēdēšanas procesu veicināšanā sava loma ir arī augsnei, tā ir arī vide, kurā veidojas jaunie minerāli un to agregāti. Fizikālās dēdēšanas gaitā ieži pārsvarā tikai sadrūp, bet to minerālā sastāva izmaiņas, īpaši sala dēdēšanas ietekmē, drupu materiālam paliekot uz vietas, ir nelielas.

Sedimentācijas procesi notiek, minerāliem izgulsnējoties šķīdumā. Izšķir ķīmisko sedimentāciju no pārsātinātiem sāļu šķīdumiem vai koagulējoties disperso šķīdumu hidrosoliem. Kristāliskie minerālu graudi parasti veidojas izžūstošos ezeros vai izolētos lagūnu tipa baseinos sausā un karstā klimatā. Tā veidojas halīts, ģipsis, dolomīts un daudzi citi viegli šķīstoši minerāli. Otrs un izplatītākais ir mehāniskās sedimentācijas veids, kurā veidojas drupu ieži, bet šajā procesā jaunu minerālu veidošanās ir saistīta arī ar ķīmiskās pārveides procesiem (cementa materiāls, garoziņas, kārtiņas un tamlīdzīgi) ar raksturīgiem kalcīta un dolomīta minerālveidojumiem.

Koagulācijas procesi ir ļoti plaši izplatīti augsnē, retāk Zemes dziļākos slāņos, koloidālajiem saldūdens šķīdumiem saskaroties ar sāļiem bagātiem ūdeņiem, kuriem ir noteiktas elektrolītiskas īpašības. Visbiežāk tā veidojas dzelzs un mangāna oksīdu un hidroksīdu minerāli.

Bioloģiskajos procesos minerāli visbiežāk veidojas ezeros un jūrās, kur veidojas dzīvo organismu, galvenokārt mikroorganismu un planktona, minerālie skeleti, čaulas un tamlīdzīgi. Tā radušies minerāli pēc šo organismu atmiršanas var uzkrāties baseina dibenā un veidot iežus, piemēram, biogēnais kalcīts, kas veido lielu daļu no zināmajam kaļķakmens slāņiem; biogēna izcelsme nereti ir arī opālam. Minerāli var veidoties arī bioķīmiskā iedarbībā, piemēram, tīrradņu sēram izdaloties no dažādiem savienojumiem.

4

Svarīgāko minerālu raksturojums

Minerālu agregātformas. Tradicionālā mineraloģija apskata tikai minerālu cietās, kristāliskās agregātformas, lai gan nereti pie minerāliem tiek pieskaitīti arī gāzveida un šķidri minerālveidojumi. Par šķidriem minerāliem reizēm sauc arī naftu un dažādus tās paveidus, nereti karstajos fumarolu avotos nestabilas šķidro kristālu formas. Pie gāzveida minerāliem visbiežāk pieskaita dažādas tīrradņu gāzes, retāk joda savienojumus.

4.1. | Tīrradņu elementu klase

Tīrradņu minerālus veido ķīmiski inerti elementi vai arī tādi ķīmiskie elementi, kas viegli izdalās no savienojumiem. Sastāva ziņā šie minerāli atbilst atsevišķiem ķīmiskajiem elementiem, kā arī to maisījumiem, šķīdumiem vai cietiem šķīdumiem (dabiskiem sakausējumiem). Pie tīrradņu elementiem pieder vairākums inerto gāzu (ūdeņradis, argons, ksenons, kriptons un citas), tomēr tās mineraloģijā neapskata to agregātstāvokļa un specifisko īpašību dēļ. Pie šķidriem minerāliem pieder arī retāk sastopams dzīvsudrabs, jo tas viegli iesaistās reakcijās ar citām vielām un veido salīdzinoši stabilus minerālus oksidācijas zonā. Patlaban ir zināmi 116 tīrradņu minerāli, un daži jauni vēl gaida apstiprinājumu. No tiem visvairāk ir metālu dabisko sakausējumu minerālo formu, kas dabā ir sastopamas ļoti reti.

4.1.1. | Tīrradņu metāli

Zelts – Au. Ķīmiski tīrs dabā nav sastopams, parasti piemaisījumā ir sudrabs (5–35%), varš, dzelzs un citi metāli, ar kuriem zelts veido cietos kausējumus. Agregāti galvenokārt ir ļoti sīki, ļoti bieži

mikroskopī neregulāras formas sīki graudiņi, kuri ieslēgti citu minerālu graudu masā vai dendrītu formā, vai diegveida agregātos, reti arī notecējumu formā. Kubiskas singonijas oktaedru pareizas formas kristālus dabā sastop ļoti reti. Zeltu kā minerālu visbiežāk atrod tīrradņu veidā, kuru svars var sasniegt vairākus desmitus kilogramu (pasaulē lielākais vienā gabalā – 74,6 kg Austrālijā). Krāsa zeltaini dzeltena, svītra dzeltena, metāliska. Spīdums tipiski metālisks. Lauzums nelīdzens, atskabargains. Cietība 2,5–3. Skaldnības nav. Minerāla blīvums 15,6–18,3 g/cm³, ķīmiski tīram zeltam – 19,3 g/cm³. Ķīmiski ļoti noturīgs. Viegli apstrādājams (kaļams, stiepjams). No viena grama zelta var izstiept līdz trim kilometriem garu zelta diegu vai izkalt plāksnīti ar laukumu līdz 27 kvadrātmetriem.

■ Raksturīgas pazīmes – liels blīvums, kaļamība un krāsa, spīdīga svītras krāsa, zema cietība un ķīmiskā noturība.

Ir zināmi vairāki zelta tīrradņu minerāla paveidi – vara zelts jeb kuproaurīts (satur līdz 20% vara), elektrums (satur vairāk nekā 20% sudraba), porpecīts (satur 4–11% pallādija), bismutoaurīts (satur aptuveni 4% bismuta). Izmanto tīrā zelta un tā sakausējumu ieguvei.

Veidojas galvenokārt hidrotermālos procesos kopā ar kvarcu, tomēr ģenētiski visi pirmavoti ir saistīti ar silikātiem bagātām (skābām) intrūzijām. Savas vērtības dēļ zelta atradnes ir zināmas visā pasaulē, ieskaitot Antarktīdu, vislielākās ir Vitvatersranda (Dienvidāfrikā), Bendigo un Balarta (Austrālijā) un Kolara (Indijā). Zeltu visvairāk izmanto juvelierizstrādājumu ražošanā, no tās atpaliek elektrotehnika, mazāk par 20% visa zelta tradicionāli nonāk dažādās naudas un vērtību krātuvēs.

Kopš ieguves krituma pagājuša gadsimta deviņdesmitajos gados tagad ik gadu iegūst aptuveni 2400–2500 tonnu zelta. 2005. gadā aprēķinātie zelta krājumi ir novērtēti 150 tūkstošu tonnu apjomā, tajā skaitā 90 tūkstoši tonnu ir droši iegūstamas atradnēs, no tiem 42 tūkstoši tonnu koncentrēts atradnēs, kas jau tiek izmantotas. Ir pietiekami drošas ģeoloģiskās pazīmes, ka vēl var tikt atrastas zelta atradnes ar kopējiem krājumiem aptuveni 18 tūkstoši tonnu.

Sudrabs – Ag. Ļoti bieži satur daudz zelta, vara un dzīvsudraba piemaisījumu. Agregāti – dažādi kubiskas singonijas atsevišķi kristāliņi, to dendrīti, plānas plāksnītes, diegveida un matiņu formas.

Minerāla un tā svītras krāsa ir sudrabaini balta, virsma var būt pelēcīgi apsūbējusi. Spīdums metālisks, cietība 2,5. Blīvums $10,5 \text{ g/cm}^3$, minerāls ļoti labi kaļas, laužums nelīdzens, atskabargains. Ļoti labi vada elektrību.

Atšķiras ar sudrabaini balto krāsu, augsto blīvumu, kaļamību un elektrovadītspēju. Karsējot minerālu $960 \text{ }^\circ\text{C}$ temperatūrā, kūst, veidojot spīdīgu lodīti, viegli šķīst slāpekļskābē. Raksturīga paraģenēze ar kobalta un niķeļa arsenīdiem, kalcītu vai barītu.

Veidojas vidējas temperatūras hidrotermālos apstākļos, parasti dzīslās kopā ar sulfīdiem, kā arī polimetālu un sudraba rūdu oksidācijas zonās (no cita minerāla – akantīta Ag_2S).

Sudrabu visvairāk patērē juvelierizstrādājumu rūpniecībā, būtiski mazāk elektrotehnikā un ķīmiskajā rūpniecībā. Gandrīz trešā daļa sudraba tiek izmantota metālu sakausējumu ražošanā. Lielākās atradnes pasaulē ir Meksikā (Pačuka, Vetamadre), Bolīvijā (Potosi), ļoti pazīstama ir Kongsbergas atradne Norvēģijā.

Gadā tiek iegūts 19–19,5 tūkstoši tonnu sudraba, atradnēs aprēķinātie sudraba krājumi 2005. gadā sasniedza 570 tūkstošus tonnu, tajā skaitā 270 tūkstoši tonnu atradnēs, kas tiek izmantotas. Lielākā daļa sudraba tiek iegūta cinka atradnēs.

Varš – Cu. Visbiežāk sastopams kubiskas singonijas labi izteiktu kristāliņu veidā, nereti veidojot dažādus dendrītus, aizpildot dzīslīņas, retāk nepareizas formas plāksnītes. Krāsa – vara sarkana līdz tumši brūnai, svītras krāsa – spīdīga vara sarkana. Cietība 2,5–3. Blīvums $8,9 \text{ g/cm}^3$. Viegli valcējams un kaļams, laužums nelīdzens, atskabargains. Varš ir labs elektrovadītājs.

Viegli atšķirams pēc krāsas svaigā lauzumā, spīdīgas svītras, kaļamības, bieži no virsmas pārklāts ar zaļu patīnu un sekundāriem vara minerāliem.

Veidojas eksogēnos apstākļos vara atradņu oksidācijas zonā, kur sastopams kopā ar halkozīnu, kuprītu, bornītu, limonītu, malahītu un kalcītu. Ļoti bieži veidojas arī zemas temperatūras hidrotermālos apstākļos.

Vara ieguve pasaulē pastāvīgi nedaudz pieaug, paaugstinoties tā patēriņam elektrotehnikā, mašīnbūvē, mērinstrumentu ražošanā

u. tml. Tīrradņu vara atradņu pasaulē nav, to iegūst kopā ar citām vara rūdām, lai arī ir zināmi ļoti lieli vara tīrradņi – lielākais ir 450 tonnas (Mičigana, ASV). Mazāki tīrradņi – “tikai” dažas tonnas vērti – ir atrasti Urālos (Turas atradne) un Kazahstānā (Degelena).

Pasaulē gadā iegūst 14–15 miljonus tonnu vara (aptuveni 35% no visa daudzuma – Čīlē). Pasaulē pieejamā vara daudzumi rūdās ir novērtēti (2006. gadā) 1,6 miljardu tonnu apjomā. Aprēķinātie krājumi ir 940 miljoni tonnu. No tiem 470 miljoni tonnu ir koncentrēts atradnēs, kurās jau notiek ieguve. Šajos krājumos nav iekļauti vēl 700 miljoni tonnu vara, kas ir iegūstams no konkrēcijām Pasaules okeānā.

Platīns – Pt. Rets minerāls dabā un ir sastopams cieta sakausējumu veidā ar dzelzi, irīdiju, pallādiju, rodiju, osmiju un varu. Tāpēc arī atkarībā no šiem piejaukumiem platīnam kā tīrradņu minerālam ir daudz atsevišķo nosaukumu, un tos vienkāršoti apzīmē pēc dominējoša piemaisījuma, piemēram, osmija platīns, irīdija platīns. Dabā visplašāk izplatīts ir poliksēns (Pt, Fe) ar dzelzs saturu 9–11%.

Tīrradņu platīna agregāti ir mazi kubiskas singonijas graudiņi, tomēr biežāk tie ir nepareizas un pārveidotas formas, īpaši, ja tīrradņi tiek atrasti kļiednēs. Krāsa un svītra ir gaiši pelēka, tēraudpelēka. Spīdums metālisks. Cietība 4–4,5. Blīvums 15–19 g/cm³. Laba kaļamība un atskabargains laužums.

Atšķiras ar ļoti lielo blīvumu, ļoti augstu kušanas temperatūru (1771 °C) un ķīmisko inertumu – šķīst tikai karaļūdenī.

Veidošanās ir tieši saistīta ar augstas temperatūras magmatiskajiem procesiem ultrabāziskā vidē un ir graudiņu vai paaugstinātas koncentrācijas josliņu (šlīru) veidā atrodams dunītos un peridotītos. Tāpēc raksturīga ir platīna asociācija ar olivīnu, piroksēnu, hromītu un magnetītu. Otrs atradņu tips ir saistīts ar šo iežu noārdīšanos un platīna sekundārām koncentrācijām kļiednēs.

Lielākās atradnes ir Krievijā (Urāli), Kolumbijā, Kanādā (Sedberi) un Dienvidāfrikā (Vitvatersranda). Lielākais zināmais platīna tīrradnis ir atrasts Urālos (9,6 kg), parasti to lielums ir daži gramī.

Platīnu visvairāk patērē ķīmiskajā rūpniecībā un medicīnā (traucējiem), elektrotehniskajā rūpniecībā (speciālie elektrodi, tīkliņi). Ik gadu palielinās platīna izmantošana juvelierizstrādājumu ražošanā.

Platīna patēriņš pasaulē pastāvīgi nedaudz pieaug un pēdējos gadus sasniedz 205–220 tūkstošus kilogramu gadā. Tiek lēsts, ka pasaulē ir 100 miljoni kilogramu platīna, no tiem aprēķinātie krājumi (2005. gadā) veido 190 tūkstošus kilogramu, izmantojamās atradnēs – 71 tūkstoti kilogramu, galvenokārt 17 atradnēs, no kurām 10 atrodas Bušfeldes kompleksā Dienvidāfrikā, kur koncentrējas līdz 75% no pasaules platīna ieguves.

Dzelzs – Fe (šeit un turpmāk iekavās norādīti vēsturiskie sinonīmi – ferrīts, eisens). Nav sastopama ķīmiski tīra, un tajā vienmēr ir niķeļa (0,6–2%), kobalta (līdz 0,3%), vara (līdz 0,4%) vai platīna (līdz 0,1%) piemaisījumi. Labi izteikti kubiskas singonijas heksaoktaedri ir ļoti reti graudiņu veidā pirītā. Parasti tie ir sīki nepareizas formas graudiņi, retāk tā ir nenoteiktas formas masa. Krāsa tēraudpelēka, svītras krāsa spīdīgi tēraudpelēka. Svaigā lauzumā spīdums tipiski metālisks. Cietība 4–5, piemīt kaļamība. Vāji izteikts lūzums, blīvums 7–7,8 g/cm³.

No citiem metālu tīrradņiem ir atšķirama pēc blīvuma, izteiktām magnētiskām īpašībām, smaguma, ar vieglu oksidējamību gaisā. Atšķirībā no platīna viegli šķīst skābēs. Meteorītu dzelzij to pulējumos redzamas raksturīgās vidmanšteta figūras (jeb zīmējums), kas nav zināmas telūriskajai (Zemes izcelsmes) dzelzij.

Ļoti reti ir tīrradņu dzelzs atradumi ultrabāziskajos magmatiskajos iežos. Lielākie atradumi bazaltos Ovifakā (Disko salā Grenlandes rietumkrastā) un Kaseles apkārtnē (Vācijā). Šeit tas veido asociācijas ar pirotīnu un kogenītu (dzelzs karbīdu). Ir zināmi daži mineraloģiski atradumi nogulumiežos, parasti kopā ar bituminoziem un kramu saturošiem nogulumiem (Borneo salā). Mūsdienās minerālim nav praktiskas nozīmes.

4.1.2. Nemetālu tīrradņi

Dimants – C. Agregāti visbiežāk ir atsevišķi kubiskas singonijas oktaedriskas formas kristāli, nereti arī nelieli sīkgraudaini un kompleksi agregāti. Kristālu šķautnes var būt nogludinātas. Graudu izmēri parasti nepārsniedz dažus milimetrus, lielākie kristāli ir smagāki par 600 gramiem. Visiem lielajiem kristāliem ir doti savi nosaukumi,

un ar tiem ir saistītas daudzas teikas un nostāsti. Minerāls var būt bezkrāsains, tomēr kristāli visbiežāk ir caurspīdīgi vai iekrāsoti zilā, dzeltenā, retāk zaļā, sarkanā, pelēkā, arī brūnā un melnā krāsā. Spīdums dimanta, ļoti izteikts. Cietība Mosa cietības skalā 10 (etalons), salīdzinoši trausls, skaldnība vidēja. Blīvums 3,47–3,56 g/cm³.

Zināmi vairāki desmiti paveidu ar saviem nosaukumiem, no tiem pazīstamākie: borts – zemas kvalitātes, nepareizas formas kristāli un to saaugumi; balass – tumšas krāsas vai pelēks borts konkrēciju vai sekrēciju veidā; karbonado – brūnganmelni necaurspīdīgi, poraini, sīkgraudaini agregāti.

Raksturīga ļoti liela cietība un ļoti liela gaismas laušanas spēja, kuras dēļ bezkrāsaini, dzidri kristāli labi redzami arī iegremdēti ūdenī. Dimantu apstarojot ar ultravioletajiem stariem, ir redzamas spoži zilas luminiscences krāsas.

Dimants veidojas magmatiskos procesos augsta spiediena apstākļos, zināma ir arī dimantu veidošanās meteorītu trieciena iespaidā. Magmatiskos apstākļos to veidošanās ir saistīta ar ultrabāziskajiem iežiem, svarīga ir magmas materiāla ātra transportēšana līdz Zemes virsai un strauja atdzišana zema spiediena apstākļos. Šādi apstākļi visbiežāk ir konstatējami aktīvās zonās seno platformu (kratonu) apgabalos, kur mantijas eklogītu materiāls sprādzienvēdā nonāk tuvu Zemes virspusei un kristalizējas nepilnīgi izveidota vulkāna pamatkanālā, sānu atzaros un plaisās. Šeit nereti var tikt konstatēti ļoti savdabīgi ieži, kurus sauc par kimberlītiem. Lai arī šie dimantu saturošie ieži tiek ļoti mērķtiecīgi pētīti jau otro gadsimtu, daudzi jautājumi joprojām nav noskaidroti. Reizi piecos gados tiek organizēti īpaši pasaules kimberlītu pētniecības kongresi un konferences (pēdējais 2003. gadā Kanādā, nākamā plānota 2008. gadā Vācijā). Kimberlītos dimantiem ir raksturīga pavadoņminerālu asociācija – piropi, serpenīns, olivīns, augīts. Otrs atradņu tips ir dimantu sekundāra koncentrēšanās nogulumiežos, veidojot kļiednes (kļiedņus), lielākā daļa no tām jau ir izmantotas.

Dimantu lielumu mēra karātos. Dimantiem viens metriskais karāts ir vienāds ar 0,2 gramiem. Lielākais atrastais dimants ir Kuliāns (3024,74 karāti), pārējie nav pārsnieguši 1000 karātu.

Lielākās atradnes pasaulē ir Kongo Demokrātiskajā Republikā (agrākajā Zairā), Botsvānā un Namībijā. Rūpnieciskos daudzumos tie ir

atrasti 35 valstīs. Dabisko dimantu ieguves apjoms gadā ir salīdzinoši stabils – aptuveni 70 miljoni karātu. Aprēķinātie dabisko dimantu krājumi 2005. gadā ir novērtēti 1250 miljonu karātu apjomā, no tiem – 580 miljoni karātu atradnēs, kas jau tiek izstrādātas. Ieguves apjoma ziņā dominē Kongo Demokrātiskā Republika (29%), Austrālija (27%) un Krievija (17%).

Dabiskie dimanti aizņem tikai 12% no pasaules dimantu tirdzniecības tirgus (2005. gadā), pārējo pārdoto dimantu daudzumu veido sintētiski ražotie dimanti. Sintētiskos dimantus ražo 12 valstīs pasaulē, visvairāk – Ukrainā un Krievijā.

Bortu, karbonado un sīkākos dimanta graudus izmanto metālu un akmeņu apstrādes rūpniecībā un precīzo aparātu būvē, urbšanas ierīcēs kā abrazīvu materiālu. Lielākos caurspīdīgos dimanta graudus apstrādā, iegūstot briljantus, kurus lieto rotaslietu izgatavošanā.

Grafīts – C. Sastāvā parasti ir 80–90% tīra oglekļa tā heksagonālā modifikācijā. Šādi labi veidoti sīki adatveida heksagonālas prizmas kristāli ir zināmi tikai karbonātiēžos. Agregāti visbiežāk ir sīki zvīņaini, sfēriski, blīvi vai zemjaini, sastopamas arī slēptkristāliskas masas. Krāsa dzelzs melna līdz tumši tēraudpelēkai, svītra melna un spīdīga. Spīdums pusmetālisks, agregātiem var būt arī matēts. Tīra grafīta cietība ir 1, tā agregāti mehānisko piemaisījumu dēļ parasti ir daudz cietāki. Blīvums 2,09–2,23 g/cm³. Minerāla svītra uz papīra ir melna, uz porcelāna – tumši pelēka. Labi vada elektrību, ir ķīmiski noturīgs un ugunsdrošs.

Atkarībā no grafīta īpašībām tiek izdalīts kristāliskais un zvīņainais paveids. Zināms arī grafīta paveids, kurā ogleklis ir amorfs. Šim grafītam ir savs nosaukums – šungīts. Tas ir blīvs, ar augstu cietību (3,5–4), tā slēptkristāliskā varietāte tiek saukta par grafītītu.

Raksturīgākā pazīme ir melna krāsa. Aptaustot šķiet taukains, smērē pirkstus. No līdzīga molibdenīta atšķiras ar svītras krāsu (grafītam tā ir melna, molibdenītam – zilgana).

Veidojas gandrīz tikai metamorfisma procesos, un zvīņainā paveida formā ir sastopams gneisos (Ždanovas atradne Ukrainā), marmoros un kristāliskos slānekļos (Taskazšanas atradne Karakalpakijā Uzbekistānā). Ir zināmi vairāki gadījumi, kad grafīts ir veidojies magmatiskos apstākļos, skābai magmai kontaktējot ar karbonātiem. Ļoti reti amorfas oglekļa formas grafīts var veidoties, arī metamorfizējoties ogļu

slāņiem (Noginskas un Kurejas atradnes Jeņisejas lejtecē Krievijā). Pasaulē lielākās atradnes ir Šrilankā, Madagaskarā, ASV, Austrālijā un Čehijā.

Gadā pasaulē iegūst 740–760 tūkstošus tonnu grafitā. Vērojama neliela patēriņa pieauguma tendence Dienvidaustrumāzijā. Apzinātie grafitā izejvielu daudzumi novērtēti 800 miljonu tonnu apjomā, aprēķinātie un novērtētie krājumi (2005. gadā) ir 290 miljoni tonnu, no tiem 86 miljoni tonnu ekspluatācijā esošās vai tai sagatavotās atradnēs. Pasaulē tirgu kontrolē Ķīna (59%) un Indija (16%).

Grafitu izmanto metalurģisko iekārtu būvē, smērvielu, krāsu un elektrodu ražošanā un citās tautsaimniecības nozarēs. Pēdējos 10–20 gados ļoti daudzās tehnikas jomās grafitu aizstāj ar mākslīgi veidotiem materiāliem no metalurģijas un kalnrūpniecības atkritumiem vai mākslīgiem ķīmiskajiem produktiem.

Sērs – S. Parasti minerāla sastāvā ir nešķīstoši un ķīmiski mazaktīvi mehāniski piemaisījumi (māla, smilts daļiņas, citu minerālu graudiņi). Reti sastopams selēnu saturošs (1–5,2%) tīrradņu sērs, to sauc par selēna sēru. Zināmas arī varietātes ar paaugstinātu Te, As un Tl saturu, tomēr jaunas minerāla varietātes tie neveido. Minerālu agregāti ir sīkgraudainu blīvu, arī zemjainu masu veidā, nereti sastopami puscaurspīdīgi rombiskas singonijas piramidālas formas līdz pat 10 centimetriem lieli kristāli un to drūzas. Parasti neveido minerālu asociācijas un sastopams savrup. Krāsa ir dzeltena, piemaisījumu dēļ tā var būt arī brūna vai melna. Svītra vienmēr dzeltenī balta, spīdums dimanta, uz laužuma virsmas – taukains. Arī taustot minerāla virsma šķiet taukaina. Sēra minerālu cietība 1,5–2. Minerāls ir trausls, skaldnība – neizteikta. Blīvums 2,05–2,08 g/cm³, var būt arī augstāks atkarībā no piemaisījumu daudzuma.

Minerāla raksturīgākās pazīmes ir krāsa, spīdums un maza cietība, kā arī asociāciju trūkums ar citiem minerāliem, raksturīgi tikai mehāniski piemaisījumi. Sasilstot rokās, minerāls sāk plaisāt. Karsējot viegli kūst un aizdegas, izdalot raksturīgu sēra dioksīda smaku.

Veidojas efuzīvos, dēdēšanas un bioķīmiskos procesos. Līdz ar to sērs sastopams ļoti lielā dažādībā un ar dažādiem piemaisījumiem. Pasaulē lielākās atradnes ir Itālijā (Sicīlijā), Polijā, ASV (Teksasā), Turkmenistānā (Gaurdaka), Uzbekistānā (Šousu Ferganas ielejā) un Krievijā (Aleksejevas atradņu grupa Pievolgas reģionā).

Pasaulē gadā vidēji iegūst 62–63 miljonus tonnu sēra, novērtētie pieejamie sēra daudzumi zemes dzīlēs tiek lēsti ap 600 miljardiem tonnu, no tiem aprēķinātie un novērtētie krājumi – 8 miljardi tonnu.

Sēru plaši izmanto ķīmiskajā rūpniecībā, lauksaimniecībā un citur. Rūpniecības nozarēm nepieciešamo sēra daudzumu arvien vairāk iegūst naftas pārstrādes gaitā kā blakus produktu, kā arī pārstrādājot tehnoloģisko procesu atgāzes.

4.1.3. Citi tīrradņu minerāli

Tīrradņu minerālus veido arī vairāki citi ķīmiskie elementi, taču šo minerālu mūžs ir ļoti īss, un tie, nonākot Zemes virsū, viegli oksidējas un pārvēršas citos minerālos vai izšķīst un neveido stabilas minerālu formas.

Nosacīti pie tīrradņu minerāliem pieskaita arī vairāku metālu dabisko cieto šķīdumu minerālus. Tos grupē 17 minerālu grupās (sērijās), kurās nereti ir iekļauti arī jau iepriekš aprakstītie minerāli, jo tie ir kādu minerālu izomorfo ķēžu posmi. Kopā ir vairāk nekā 100 ļoti retu minerālu, kuri ir makroskopiski un pat vienkāršos laboratorijas apstākļos nav nosakāmi.

4.2. Sulfīdu klase (sulfīdi, telurīdi, arsenīdi, antimonīdi un bismutīdi)

Sulfīdu klases minerāli ķīmiskā sastāva ziņā atbilst smago metālu savienojumiem ar sēru. Tā ir ļoti plaša minerālu klase, un ir zināmi vairāki simti minerālu, no tiem aptuveni 200 ir plašāk izplatīti. Parasti sulfīdu rūdu atradnēs kopā ir vairāki šīs klases minerāli. Tiem visiem ir raksturīgs metālisks, retāk pusmetālisks vai dimanta spīdums, salīdzinoši liels blīvums un maza cietība. Gandrīz visi šīs klases minerāli ir krāsaini, necaurspīdīgi, tiem piemīt laba elektrovadītspēja. Sulfīdiem ir ļoti liela saimnieciska nozīme kā galvenajiem krāsaino metālu rūdu minerāliem, tie ir viegli kausējami un nereti satur arī vērtīgus piemaisījumus.

Reizēm minerālu klasi paplašina kā kopēju sulfīdu un sulfosāļu klasi, kas ir daudz plašāka un patlaban aptver jau 623 minerālus.

Atbilstoši E. S. Dena un arī H. Strunca minerālu klasifikācijai

sulfīdu minerāli tiek sadalīti ļoti daudzās grupās jeb sērijās, tomēr tās izmantošana minerālu makroskopiskai noteikšanai nav piemērojama. Visbiežāk izšķir vienkāršus un saliktus sulfīdu minerālus – divu un vairāku metālu kopīgi veidotus sulfīdu minerālus.

4.2.1. | Vienkāršie sulfīdi

Sfalerīts – ZnS (sinonīms – cinka spīde). Raksturīgi piemaisījumi kadmijijs (0,5%–1%), indijs (0,1%), gallijs (līdz 0,1%) un germānijs (līdz 0,3%). Agregāti ir tetraedra formas kristālu drūzas un graudaina, bieži rupjgraudaina masa. Kristāliem nereti ir koncentriski zonāla uzbūve. Veidojas galvenokārt vidējas un zemas temperatūras hidrotermālos procesos (kopā ar galenītu, halkopirītu un pirītu). Retāk sastopams kā eksogēns minerāls nogulumiežos un ogļu slāņos. Minerāla krāsa parasti brūna vai sarkanbrūna, retāk dzeltena, vai arī ir bezkrāsains. Dzelzi saturoši kristāli ir tumši vai pat melni. Svītra balta, dažreiz ar vieglu dzeltenīgu vai brūnganu nokrāsu. Melniem kristāliem ir brūna svītra. Dimanta spīdums. Cietība 3,5–4, trausls. Skaldnība ļoti laba. Blīvums 3,5–4 g/cm³. Ja minerāla kristāls satur daudz piemaisījumu, tad tam ir raksturīga paaugstināta cietība un blīvums.

Zināmas vairākas minerāla varietātes. Vairāk dzelzi saturoši augstas temperatūras apstākļos veidojušies minerāla kristāliņi ir ļoti tumši vai pat melni (marmatīts), zemā temperatūrā veidojušies – bezkrāsaini vai ļoti gaiši dzelteni (klejofāns).

Raksturīga kristālu tetraedru pareizā forma, izteikts dimanta spīdums un skaldnība. Atšķiras ar brūnu krāsu, zemu cietību un gaišu svītru.

Minerāls viegli oksidējas un pārveidojas par smitsonītu (cinka karbonātu) vai hemimorfītu (cinka hidrosilikātu).

Sfalerīts ir gandrīz vienīgā cinka rūda, to izmanto cinka un cinka oksīda ieguvei, krāsu rūpniecībā un citur. Pasaulē lielākās polimetālu atradnes ir Krievijā – Altajā, Aizbaikālā, Urālos, mazākas – arī ASV, Zviedrijā, Polijā un Spānijā.

Gadā pasaulē iegūst 9–9,1 miljonu tonnu cinka rūdas, no tām vairāk nekā 95% – no sfalerīta. Kopējais cinka rūdu daudzuma novērtējums (2005. gadā) sasniedz 1,9 miljardus tonnu, tajā skaitā izpētītie un novērtētie krājumi – 460 miljonus tonnu, patlaban ekspluatācijā

esošajās atradnēs – 220 miljonus tonnu. Pasaules cinka tirgū dominē četras piegādātājvalstis – Ķīna (22%), Peru (15%), Austrālija (14%) un Kanāda (11%).

Cinobrs – HgS. Agregāti ir atsevišķi graudi, arī graudainas blīvas masas, daudz retāk sastopami tabletveida trigonālas singonijas kristāli. Veidojas gandrīz tikai hidrotermālos procesos. Minerāla krāsa sarkana, dažreiz pelēki irizējoša, svītra koši sarkana, ķiršu sarkana, sarkani brūna. Spīdums dimanta, kristāli puscaurspīdīgi (ja nav klāti ar matētu sarkanīgu uzsūbējumu). Cietība 2–2,5. Minerāls ir trausls, skaldnība laba. Blīvums 8–8,2 g/cm³.

■ Raksturīga koši sarkanā krāsa, maza cietība un lielais blīvums.

Visbiežāk sastopams zemas temperatūras hidrotermālo minerālu grupās kopā ar antimonītu, flogopītu, barītu un halcedonu.

Cinobrs ir vienīgā izejviela dzīvsudraba iegūšanai. Lielākās atradnes pasaulē ir Haidarkana (Kirgizstānā), Ņikitovka (Ukrainā), Aktaša (Altajā, Krievijā), Plammenoje (Čukotkā, Krievijā), Almadēna (Spānijā) un Monte-Amiata (Itālijā). Lielas atradnes ir arī bijušās Dienvidslāvijas teritorijā, Ķīnā un ASV.

Pasaulē iegūst 1,5–1,75 tonnas cinobra gadā, kas ir ļoti neliela daļa no apzinātajiem dzīvsudraba resursiem. Tie 2005. gadā novērtēti 600 tūkstoši tonnu apjomā (galvenokārt Ķīnā, Kirgizstānā, Krievijā, Slovēnijā, Spānijā un Ukrainā). Aprēķinātie un novērtētie krājumi sasniedz 240 tūkstošus tonnu, tajā skaitā ekspluatācijā esošajās atradnēs – 120 tūkstošus tonnu. Pasaules dzīvsudraba tirgu kontrolē Ķīna (37%), Alžīrija (20%) un Kirgizstāna (18%).

Galenīts – PbS (sinonīms – svina spīde jeb svina spīdums). Agregāti parasti graudami, nereti nelielu, kubiskas formas kristālu drūzu veidā. Veidojas hidrotermālos procesos. Krāsa svina pelēka, svītra pelēki melna. Spīdums metālisks. Cietība 2–3, trausls. Skaldnība ļoti laba trīs savstarpēji perpendikulāros virzienos. Blīvums 7,4–7,6 g/cm³. Mīksts, viegli kūst.

■ Raksturīga skaldnība, spožāks spīdums uz svaigām lūzuma virsmām un augsts blīvums. Izmanto par galveno svina rūdu, kā blakus produktu iegūstot sudrabu. Minerāls var būt viegli radioaktīvs.

Lielākā daļa galenīta veidojas hidrotermālos zemas temperatūras apstākļos, aizpildot dzīslas, metasomatiskas zonas, raksturīgs skarņu minerāls. Sastopams visbiežāk kopā ar sfalerītu, kā arī sudraba un vara sulfīdiem – veido pazīstamās polimetālu rūdas. Daudz retāk galenīts ir sīku graudiņu veidā nogulumiežos (karbonātos un bitumus saturošos iežos).

Oksidācijas zonā galenīts nav stabils un viegli pārveidojas par cerusītu, anglezītu, piromorfītu un citiem svina karbonātiem un fosfātiem.

Galenīts ir bagātākā svina rūda (Pb 86,6%). Lielākās atradnes ir Kanādā (Sallivana), Austrālijā (Brokenhilla), ASV (Tristeita) un Krievijā (Daļņegorska, Kansai, Sadonska).

Pasaulē iegūts 3–3,2 tūkstošus tonnu svina gadā, galvenokārt ASV, Austrālijā, Kanādā, Ķīnā, Kazahstānā, Meksikā, Marokā, Peru un Dienvidāfrikas Republikā. Vairāk nekā 92% svina tiek iegūts no galenīta. Pasaulē zināmais svina daudzums zemes dzīlēs 2005. gadā ir novērtēts 1,5 miljardu tonnu apjomā. No tiem izpētīti un novērtēti 140 miljoni tonnu, patlaban esošajās atradnēs vēl ir 67 miljoni tonnu svina.

Halkozīns – Cu_2S (sinonīms – vara spīde). Agregāti visbiežāk ir masīvi veidojumi, blīva masa. Rombiskas singonijas labi veidoti kristāli ir ļoti reti. Minerāla un tā svītras krāsa ir vienāda – svina pelēka, spīdums metālisks. Lūzums neizteikts. Cietība 2,5–3,0, blīvums $5,7 \text{ g/cm}^3$.

Raksturīgākās īpašības – zema cietība, kaļamība un svina pelēkā krāsa.

Visplašāk veidojas vara rūdu eksogēnās pārveides cementācijas zonā, kur veido masīvus rūdu slāņus. Retāk veidojas hidrotermālos apstākļos kopā ar bornītu, bālām rūdām un halkopirītu.

Viegli oksidējas un veido sekundāru malahītu, kuprītu un tīradņu varu. Halkozīns ir ļoti bagātīga vara rūda (Cu 79,8%). Lielākās atradnes pasaulē ir Džezkazgana un Kounrada (Kazahstānā), Buta, Binghema, Bisbi (ASV) un Almalika (Uzbekistānā).

Pirotīns – Fe_{1-x}S (sinonīms – magnētiskais kolčedāns). Ļoti bieži satur lielus vara, niķeļa un kobalta piemaisījumus. Krāsa ugunīgi sarkana, sarkana, bronzas dzeltena. Kristāli – heksagonālas

singonijas plāksnītes – zināmi tikai divās minerāla atradnēs pasaulē (Mončegorskā un Aizbaikālā Krievijā). Visbiežāk sastopams sīkgraudainas masas veidā. Svītras krāsa pelēcīgi melna, spīdums metālisks. Minerāls ir magnētisks. Cietība 4, blīvums 4,5 g/cm³. Skaldnība neizteikta.

Raksturīgākās atšķirības – krāsa, magnētiskās īpašības.

Veidojas magmatiskos apstākļos kopā ar pentlandītu un halkopirītu (Norijska un Mončetundra Krievijā). Labi zināmas pirotīna atradnes, kas veidojušās kontakta metasomatiskos apstākļos (skarnu atradņu tips), kur tas sastopams kopā ar citām polimetālu rūdām (Tetjuhe Krievijā). Retāk izplatīts hidrotermālos un eksogēnos apstākļos veidojies pirotīns.

Izmanto tikai sērskābes ražošanai kopā ar citām zemas kvalitātes vara rūdām un pirītu.

Argentīts – Ag₂S (sinonīms – sudraba spīde, sudraba melnums). Rombiskas singonijas minerāls, kas sastopams gan atsevišķu kristālu formā, gan blīvā viendabīgā masā nereti kopā ar sudraba tīrradņiem. Spīdums metālisks. Krāsa gaiši pelēka, pelēka līdz svina pelēkai, svītras krāsa vienmēr melna. Cietība 2–2,5. Skaldnība vāji izteikta un nepilnīga. Blīvums 7,2–7,6 g/cm³.

Ir zināma augstākas veidošanās temperatūras varietāte – kubiskas singonijas akantīts ar ļoti līdzīgām īpašībām.

Raksturīgas īpašības ir augstais blīvums, gaiši pelēkā krāsa kopā ar raksturīgu melnu svītru blīvā minerāla masā. Tipiska ķīmiskā reakcija uz sudrabu (ar sālsskābi – izsēdina baltas krāsas sudraba hlorīda pārslas). Izteikta kaļamība. Novietojot ļoti spilgtā gaismā, uz īsu mirkli kļūst ļoti tumšs.

Veidojas gandrīz tikai hidrotermālos apstākļos, ļoti reti sastopams arsēnu saturošu sudraba rūdu oksidācijas zonā kā sekundārs minerāls. Lielākās argentīta atradnes ir Norvēģijā (Kongsberga), Krievijā (Zmeinogorskas atradne Altajā) un Meksikā (Cakateka, Guanohato u. c.), kur tas atrodams kopā ar citiem sudrabu saturošiem minerāliem – polibazītu, pirargirītu, prusītu un citiem. Mūsdienās argentītam vairs nav rūpnieciskas nozīmes, bet tā bija viena no senākajām un plašāk izmantotajām rūdām viduslaikos.

Pentlandīts – $(\text{Ni}, \text{Fe})_9\text{S}_8$. Parasti veido viendabīgu masu, retāk pilnkristālisku masu ar individuālo kubiskas singonijas kristālu izmēriem līdz pat 4–5 centimetriem. Kristāliskiem agregātiem raksturīgs lūzums pa oktaedra skaldnēm. Bronzas, tumši dzeltenas krāsas minerāls. Nav magnētisks, spīdums metālisks. Cietība 3,5–4. Blīvums $4,9 \text{ g/cm}^3$. Svītra gaiši pelēka, var būt iezalģana.

Līdzīgs pirotīnam, no tā atšķiras ar gaišāku krāsu, nav magnētisks.

Veidojas magmatiskos ultrabāziskos apstākļos kopā ar pirotīnu un halkopirītu lielos peridotītu un gabronorītu masīvos.

Pentlandīts ir svarīgākā niķeļa rūda. Pasaulē lielākās atradnes ir Noriļskā, Tālnahā (Jeņisejas lejtecē) un Pečengā (Murmanskas apgabālā) Krievijā, Sedberi Kanādā un Bušfeldes kompleksā Dienvidāfrikas Republikā. Pentlandīts ir svarīgākā platīna rūda, kaut arī tā daudzums rūdā parasti nepārsniedz procenta daļas.

Pasaulē iegūst aptuveni 1,4 miljonus tonnu niķeļa. Galvenās piegādātājas tirgū ir Krievija, Austrālija un Kanāda (kopā kontrolē 52% pasaules patēriņa tirgus). Vairāk nekā 90% no visa niķeļa iegūst no pentlandīta. 60% apzinātā niķeļa daudzuma pasaulē ir laterīti, 40% – sulfīdu minerāli, kopā 13 miljardi tonnu. Aprēķinātie un novērtētie krājumi (2005. gadā) sasniedz 140 miljonus tonnu, no tiem ekspluatācijā esošajās atradnēs ir 62 miljoni tonnu.

Antimonīts – Sb_2S_3 (sinonīms – antimona spīdums, stibnīts). Visbiežāk sastopams labi veidotu iegarenu rombiskas prizmas kristālu veidā, raksturīgs švīkojums gareniski prizmas skaldnēm. Krāsa svina pelēka līdz tēraudpelēkai. Svītra tādā pašā krāsā. Spīdums metālisks, reti zilgana irizācija. Skaldnība pilnīga. Cietība 2. Blīvums $4,6 \text{ g/cm}^3$.

No līdzīgiem minerāliem atšķiras ar labi izteiktiem prizmatiskiem kristāliem, švīkojumu paralēli garajām kristāla skaldnēm, mazu cietību, nereti ir paralēlas švīkas skaldnībai, zilgana irizācija, zema kušanas temperatūra (svecēs liesmā), gar skaldni viegli iegredgt sērķociņu.

Antimonīts ir tipisks minerāls zemas temperatūras hidrotermās, kur tas veidojas kvarca dzīslās kopā ar cinobru, pirītu, fluorītu, kalcītu, barītu un halcedonu. Oksidējoties pārveidojas par

antimona okeriem, saglabājot pseidomorfozas pēc antimonīta kristāla formas.

Antimonīts ir svarīgākā antimona rūda (Sb 71,4%). Lielākās atradnes pasaulē ir Kadamdžjas (Kirgizstānā), Razdoļņinskas (Krasnojarskas apgabālā Krievijā), Si-Huaņ-Šaņ grupas atradnes (Hunaņas provincē Ķīnā) un Isinokava (Sikoku pussalā Japānā).

Pasaulē gadā patērē 80–120 tūkstošus tonnu antimona. Patēriņš ir svārstīgs, tam ir tendence pieaugt. Kopējie resursi zemes dziļēs nav zināmi un nav vērtēti. Aprēķinātie un novērtētie krājumi sasniedz 3,9 miljonus tonnu (2005. gadā), krājumi ekspluatācijā esošajās atradnēs – 1,8 miljonus tonnu. Lielākās piegādātājas pasaules antimona tirgū ir Ķīna (89%) un Dienvidāfrikas Republika (5%).

Bismutīns – Bi_2S_3 (sinonīms – bismuta spīde). Nereti labi izteikti rombiskas singonijas prizmatiski, stabveida, adatveida kristāli ar vertikālu švīkojumu. Krāsa svina pelēka līdz alvas baltai. Svītra svina melna, spīdums metālisks. Skaldnība pilnīga. Cietība 2. Blīvums $6,6 \text{ g/cm}^3$. Minerāls ir salīdzinoši rets.

Līdzīgs antimonītam, bet atšķiras no tā ar daudz augstāku kušanas temperatūru, tam ir izteiktāks spīdums, un tā minerālu asociācija ir augstākas temperatūras veidojumi.

Veidojas augstas temperatūras hidrotermālos apstākļos dzīslās un greizenos kopā ar tīrradņu bismutu, arsenopīritu, volframītu, halkopīritu, kasiterītu, kvarcu, topāzu un berilu. Oksidācijas zonā viegli pārvēršas bismuta okerā.

Svarīgākā bismuta rūda. Lielākās atradnes pasaulē ir Tasna (Bolīvijā), Serro de Pasko (Peru), Beluha un Bekuma (Aizbaikālā, Krievijā) un Adrasmana (Vidusāzijā).

Pasaulē bismuta ieguve nepārsniedz 3,8 tūkstošus tonnu gadā. Izpētītie un novērtētie krājumi 2005. gadā sasniedza 680 tūkstošus tonnu, ekspluatācijā esošajās atradnēs – 330 tūkstošus tonnu. Lielākās piegādātājas pasaules tirgū ir Ķīna (28%), Meksika (26%) un Peru (26%).

Auripigments – As_2S_3 (sinonīms – zelta krāsa). Agregāti monoklīnas singonijas plākšņaini kristāli, vizlai līdzīgas plēksnītes, graudaina vai zemjaina masa. Krāsa citrondzeltena vai zeltaina. Svītras krāsa

tādi pati, bet gaišāka. Spīdums perlamutra, izteikts. Skaldnība pilnīga un izteikta, plāksnītes lokanas, bet nav elastīgas. Cietība 1,5–2. Blīvums 3,5 g/cm³.

Atšķiras ar izteiktu gaišo citrondzelteno krāsu, pilnīgu skaldnību, zemu cietību un paraģenēzi ar realgāru.

Veidojas zemas temperatūras hidrotermālos apstākļos, gandrīz vienmēr kopā ar realgāru. Gaisā oksidējas un pārvēršas arsenolītā As₂O₃.

Nereti tiek uzskatīta par potenciālo arsēna rūdu, bet rūpnieciski nekad nav iegūts tādos mērogos. Viduslaikos no tā darināja dzelteno minerālkrāsu. Lielākās atradnes pasaulē ir Alhara (Grieķijā), Merkura (Jūtā, ASV), Luhuma (Gruzijā) un Džuļfina (Nahičevānā, Armēnijā).

Kovelīns – Cu₂S·Cu₂S₂ (sinonīms – vara indigo). Agregāti smalkas heksagonālas prizmas, pulverteida, sodrējiem līdzīgas masas. Krāsa zila, tumši zila. Spīdums matēts vai tuvs metāliskam. Cietība 1,5–2. Blīvums 4,6 g/cm³.

Raksturīga indigo zila krāsa, maza cietība un paraģenēze ar citiem vara sulfīdiem.

Visbiežāk veidojas eksogēnos procesos virs varu saturošo minerālu atradnēm sekundārās sulfīdu bagātināšanās zonā. Sastopams kopā ar bornītu, halkozīnu, halkopirītu, enargītu un limonītu. Izmanoto kopā ar citām vara rūdām, to atsevišķi nenodalot.

Molibdenīts – MoS₂ (sinonīms – molibdēna spīde, tungsteins). Agregāti – smalki plāksņveida, lapveida, zvīņveida, nereti sešstūra loksnišu heksagonālas singonijas kristāli ar ļoti labi izteiktu skaldnību. Kristālu kārtojums var būt arī zvaigžņveida, radiāls. Krāsa svina pelēka, svītra uz papīra gaiši zili pelēka, spīdums izteikti metālisks. Cietība 1, smērē rokas, taustot – taukains. Blīvums 4,7 g/cm³.

Atšķiras ar metālisku spīdumu, zemu cietību, izteiktu skaldnību. Kristāliem raksturīga sešstūra plāksnišu forma. Var sajaukt ar grafitu, bet atšķiras ar zilganu svītras nokrāsu, zīmējot uz papīra. Atšķirīga ir paraģenēze.

Veidojas magmatiskos procesos, un šādos apstākļos kristāliņi ir sīki izkliedēti iezī; pegmatītu dzīslās un greizenos arī kristāli ir reti.

Visplašāk molibdenīts sastopams hidrotermālās atradnēs kopā ar kvarcu un skarnos. Nereti molibdenīta sīkdispersi kristāliņi ir izklie-dēti kvarca masā un tam piešķir pelēcīgu toni. Molibdenīts salīdzinoši viegli oksidējas un veido jaunus minerālus – ferimolibdītu un povelītu zemjainos un okerveida agregātos.

Visizplatītākā un praktiski vienīgā molibdēna rūda. Lielākās atradnes ir saistītas ar skarna iežiem (Tirniauzas atradne Ziemeļkaukāzā), kvarca dzīslas (Davedinas un Šahamianas atradnes Aizbaikālā, Krievijā); greizena nogulumos (Sorskas atradne Krasnojarskas apgabālā Krievijā). Pasaulē lielākā ir neogēna vecuma Klaimeksas atradne (Kolorādo, ASV), kur tas ir tieši saistīts ar kvarca dzīslām pārveidotos granītos. Otra lielākā ir Erdenet-Obo atradne Mongolijā.

Vairāk nekā 97% molibdēna pasaulē tiek iegūts no viena minerāla – molibdenīta. Pasaulē iegūst 125–140 tūkstošus tonnu molibdēna. Izpētītajās atradnēs molibdēna daudzums aprēķināts 19 miljonu tonnu apjomā, tajā skaitā ekspluatācijā esošajās atradnēs – 8,6 miljoni tonnu. Lielākās piegādātājas pasaules tirgū ir ASV (28%), Čīle (24%) un Ķīna (22%).

Realgārs – As_4S_4 . Agregāti īsprizmatiski, sīki monoklīnas singonijas kristāliņi, visbiežāk kārtoti drūzās. Sastopams arī zemjainās un graudainās masās, arī uzsūbējumos. Krāsa spilgti sarkana, oranži sarkana. Svītra gaiši oranža. Spīdums dimanta. Gaismas ietekmē oksidējas un noārdās, pārvēršoties par auripigmentu un arsenolītu. Cietība 1,5–2, to viegli var griezt ar nazi. Blīvums 3,5 g/cm³.

No citiem minerāliem atšķiras ar raksturīgo sarkano krāsu, gaiši oranžo svītras krāsu, zemo cietību un asociāciju ar auripigmentu.

Veidojas zemas temperatūras hidrotermālos apstākļos kopā ar auripigmentu, citiem arsēnu saturošiem minerāliem un antimonītu. Ļoti bieži sastopams sudraba, zelta un polimetālu atradnēs kopā ar markazītu, pīrītu, kalcītu un halcedonu. Izplatīts mūsdienu vulkānis-ko gāzu izplūdes vietās.

Saimnieciskā nozīme ir no minerāla ekstrahētam arsēnam. Pasaulē lielākās atradnes ir Karsas apkārtnē (Turcijā), Luhumas atradne (Gruzijas rietumdaļā), kā arī kā piemaisījums sudraba un polimetālu atradnēs Čehijā, Rumānijā, Itālijā un ASV.

Vairāk nekā 80% pasaulē izmantojamā arsēna iegūst no trīs pamata

minerāliem auripigmenta, realgāra un arsenopirīta, pārējos 20% – gandrīz visus no blāvajām rūdām. Pasaulē iegūst 35–37 tūkstošus tonnu arsēna gadā (arsēna trioksīda izteiksmē). Zināmie arsēna resursi pasaulē 2005. gadā novērtēti 11 miljonu tonnu apjomā, lielākā daļa ir koncentrēta Peru, Filipīnās, Čīlē un Kanādā. Arsēna ražošanā pasaulē jau ilgstoši dominē Ķīna (44%) un Čīle (21%).

4.2.2. Dubultie sulfīdi

Halkopirīts – CuFeS_2 (sinonīms – vara kolčedāns, muļķu zelts – ti-kai ASV). Agregāti visbiežāk sīkzvīņaina, sīkgraudaina blīva masa, izteikti tetragonālas singonijas kristāli tikpat kā nav sastopami. Krāsa misiņa dzeltena, nereti ar zaļganzilu nokrāsu, bieži uzsūbējums dzeltenā vai zilganas irizācijas raibās krāsās. Svītra melna, tumši zaļgani melna. Spīdums metālisks. Necaurspīdīgs. Cietība 3–4, trausls. Blīvums 4,1–4,3 g/cm³.

Nereti nošķir paveidus – talnahītu (halkopirīta kubiskā modifikācija) un daudzus retus minerālus no eskbornīta minerālu rindas ($\text{CuFeS}_2 \cdot \text{CuFeSe}_2$). Tāpēc patlaban ir zināms 31 halkopirīta sinonīms.

Raksturīga krāsa, svītra, uzsūbējums. No ārēji līdzīgā pirīta atšķiras ar tumšāku un sarkanīgāku krāsu. Pirītam vienmēr ir izteikti kubiski kristāli.

Salīdzinoši viegli oksidējas un pārveidojas par tīrradņu varu, halkozīnu, kovelītu, kuprītu, malahītu, azurītu un citiem minerāliem.

Halkopirīts kā minerāls visbiežāk veidojas hidrotermālos procesos, bet zināmas arī ļoti lielas magmatiskās un skarnu halkopirīta atradnes. Salīdzinoši reti ir sastopams eksogēnās atradnes nogulumiežos.

Tā ir galvenā vara rūda (Cu 34,6%, Fe 30,5%) jau vairāk nekā gadsimtu. Halkopirīta daudzums pasaulē ir ļoti nozīmīgs. Lielākās atradnes pasaulē ir magmatiskās – Noriļska, Talnaha (Krievijā), Sedberi (Kanādā), skarnu atradnes Urālos (Turjinskas atradņu grupa Krievijā), hidrotermālās atradnes Kounrada (Kazahstānā), Binghema (ASV), Čukikamaka (Čīlē), eksogēnās – Džezkazgana (Kazahstānā), Udokana (Krievijā), kā arī Zambijā un Kongo Demokrātiskajā Republikā.

Daudz retāk sastopami citi šīs grupas minerāli – stanīns un bornīts.

Stanīns – $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ (sinonīms – alvas kolčedāns). Atšķiras ar neregulāras formas kristāliem un masu, ļoti reti ir tetragonālas singonijas kristāliņi. Krāsa tērauda pelēka, svītra melna. Cietība 3,5. Trausls. Blīvums $4,4 \text{ g/cm}^3$.

Minerāls ir ļoti līdzīgs blāvajām rūdām un ir droši atšķirams tikai svaigā lūzumā, kur redzama zaļgana nokrāsa.

Veidojas hidrotermālos apstākļos kopā ar kasiterītu, sfalerītu, halkopirītu un pirrotīnu. Minerāls ir rets, tas ir daudzās vara un alvas atradnēs tikai piemaisījumu veidā. Rūpnieciski tiek iegūts Bolīvijā kopā ar kasiterītu kā alvas rūda.

Bornīts – Cu_5FeS_4 (sinonīms – raibā jeb lāsumainā vara rūda). Agregāti masīva viendabīga masa, gaudaina masa, ieslēgumu veidā. Labi kubiski kristāli reti. Krāsa svaigā lūzumā vara sarkana, gandrīz vienmēr klāts ar irizācijas kārtiņu. Slāpekļskābē viegli šķīst, veidojot koši zilu šķīdumu. Svītra pelēcīga un melna, spīdums metālisks. Skaldnības nav. Cietība 3. Blīvums $5,0\text{--}5,2 \text{ g/cm}^3$.

Galvenā atšķirīgā pazīme – vara sarkanā, bronzas sarkanā krāsa, irizācijas kārtiņa, var būt viegli magnētisks.

Veidojas hidrotermālos apstākļos un skarnos kopā ar halkopirītu, galenītu un sfalerītu. Izplatīts ir arī sekundārais bornīts, kas veidojas eksogēnos procesos cementācijas zonās virs vara rūdas atradnēm.

Tā ir ļoti bagāta vara rūda (Cu 63,3%), bet tās krājumi ir ierobežoti. Lielākās atradnes: Džezkazgana un Uspenska (Kazahstānā), Mansfelda (Vācijā), Buta (ASV), Bora (bijušajā Dienvidslāvijā) un Cumeba (Namībijā).

4.2.3. Disulfīdi un to analogi

Nereti to īpašību dēļ atsevišķi tiek nodalīti disulfīdu un to analogu minerāli. Pazīstamākie ir pirīts, markazīts, kobaltīns un arsenopirīts.

Pirīts – FeS_2 (sinonīms – dzelzs kolčedāns, sēra kolčedāns, “kaķu” zelts, sērdzelznis). Pirīts ir izplatītākais sulfīdu klases minerāls. Agregāti visbiežāk kubiskas formas kristālu veidā, blīva gaudaina masa, lodveida un neregulāras formas konkrēcijas un sekrēcijas, garozas. Krāsa zeltaini pelēka vai pelēcīgi zeltaina, nereti gaiša misiņa vai

dažādas nokrāsas salmu krāsā. Svītra tumšpelēka, brūngani melna, tomēr vienmēr ar zaļganu līdz sūnu zaļu nokrāsu. Spīdums metālisks. Cietība 6–6,5. Skaldnība ļoti nepilnīga, var tikt novērots gliemežnīcas lauzums. Necaurspīdīgs. Blīvums 4,9–5,2 g/cm³.

Pirītam raksturīga krāsa, kubveida forma, bieži uz kristālu skaldnēm paralēls svītrojums, kas ir perpendikulārs attiecībā pret blakus skaldnēm. Pirīts ir vienīgais no izplatītākajiem sulfīdu minerāliem, ar kuru var ieskrāpēt stiklu.

Pirīts veidojas visdažādākajos apstākļos un ir ļoti plaši izplatīts, tomēr nozīmīgas atradnes veido tikai metamorfizētu efuzīvu nogulumu perifēriālās zonās kopā ar vara minerāliem (kolčedāna atradnes Krievijā – Degtjarskas, Komsomoļskas, Subajas atradnes). Lielākās tieši pirīta atradnes ir Itālijā (Rio Tinto – hidrotermālie veidojumi) un Norvēģijā (Sulitelma – magmatiskā atradne).

Izmanto sērskābes iegūšanai, kā blakusproduktus gandrīz vienmēr iegūst varu, kobaltu, sudrabu un zeltu, kā sekundārus elementus – nereti arī selēnu un dzelzi.

Markazīts – FeS₂. Viens no raksturīgākajiem rombiskas singonijas minerāliem. Agregāti – visdažādāko formu konkrēcijas, kristāliskas satecējumu formas, garozas. Atsevišķi kristāli reti, to forma tabletveida, adatveida radiāla. Krāsa misiņa dzeltena, svītra tumšpelēka, zaļgana. Spīdums metālisks. Cietība 5–6. Trausls. Skaldnība nepilnīga. Blīvums 4,6–4,9 g/cm³.

Raksturīga zaļgana nokrāsa svaigā lūzumā. No izskatā līdzīgā pirīta atšķiras ar kristālu formu – markazīts nekad neveido kubveida minerālu formas. Ļoti bieži sastopams konkrēciju veidā nogulumiežos.

Veidojas galvenokārt eksogēnos sedimentācijas procesos un atsevišķu kristālu formā bieži ir sastopams ogļu slāņos, smilšakmeņos un vāji cementētos mālu nogulumos, bieži – rūdu atradņu oksidācijas zonās.

Atradnes neveido, nav noteiktas saimnieciskās nozīmes.

Kobaltīts – CoAsS (sinonīms – kobalta spīde, vēsturiskā nozīmē arī kobaltīns). Agregāti – kubiski vai oktaedriski kristāli, zemjaini agregāti, blīva masa. Krāsa balta, tēraudpelēka ar ļoti raksturīgu

sārtu nokrāsu, tumši pelēka un melna. Spīdums metāla, skaldnība viduvēja. Cietība 5,5. Blīvums 6,3 g/cm³.

Var būt ļoti līdzīgs pirītam un atšķiras no tā ar pelēcīgo krāsu ar sārtu nokrāsu un izteiktu skaldnību.

Veidojas hidrotermālos apstākļos, sastopams dzīslās kopā ar arsenopirītu, kobalta un niķeļa arsenīdiem, halkopirītu, tīrradņu sudrabu, uraninītu un kalcītu. Oksidācijas zonā minerāls ir nenoturīgs un viegli veido eritrīnu, kam arī piemīt raksturīgais rozā tonis.

Viena no svarīgākajām kobalta rūdām (Co – 35,4%; As – 45,3%; S – 19,3%). Lielākās atradnes pasaulē: Kobalta (Kanādā), Buazzera (Marokā), arī Zambijā un Kongo Demokrātiskajā Republikā, Krievijā (Daškesana, Hovuaksa).

Arsenopirīts – FeAsS (sinonīms – arsēna kolčedāns). Monoklīnas singonijas prizmatiski, adatveida, reti – šķiedraini agregāti, bieži blīva masa un graudaini agregāti. Krāsa ļoti gaiša, spoži balta. Svītras krāsa tumši pelēka un melna, metāla spīdums. Cietība 5,5–6. Skaldnība neizteikta, minerāls ir trausls. Blīvums 5,9–6,2 g/cm³.

Atšķiras ar alvas baltu vai pat sudrabainu krāsu, augstu cietību, kristālu formu. Triecienā dzirksteļo, izdalās raksturīgi zilgani dūmi, saožama tipiska ķīplokū smaka.

Veidojas augstas un vidējas temperatūras hidrotermālos apstākļos kopā ar kasiterītu, volframītu, sfalerītu, galenītu, tīrradņu zeltu un sudrabu, arī varu. Zemes virsas tuvumā arsenopirīts ir nenoturīgs un veido jaunus minerālus, galvenokārt neizteiksmīgi zaļas krāsas zemjainas masas minerālu – skorodītu Fe [AsO₄] 2H₂O.

Arsenopirīts ir galvenā arsēna rūda (As 46,0%). Lielākās atradnes pasaulē ir Krievijā – Kočarskas, Džetigaras, mazākas atradnes zināmas arī Zviedrijā un Kanādā. Izmanto tikai arsēna ieguvei, lai ražotu lauksaimniecības ķīmikālijas.

4.2.4. Kompleksie sulfīdi jeb sulfosāļu minerāli

Blāvās rūdas – Cu₃(Sb, As)S₃. Tā ir daudzu minerālu izomorfā rinda, kam ķīmisko elementu noteiktas proporcijas nosaka nedaudz atšķirīgas īpašības. Katram no tiem ir piešķirts noteikts minerāla nosaukums. Makroskopiski tos atšķirt nav iespējams, tāpēc

tās visas kopā sauc par blāvajām rūdām raksturīgās krāsas dēļ. Minerāli ir sīki, kubiskas singonijas tetraedri, tomēr visbiežāk agregātus veido visai viendabīga minerālu masa vai arī sīki izklaidus graudiņi hidrotermālos apstākļos veidojušos iežos.

Krāsa ir tēraudpelēka līdz pilnīgi melnai, svītra melna. Kristāliņu virsmas spīdums metālisks līdz matētam. Minerāli trausli, skaldnības nav, lūzums nelīdzens. Cietība 3–4. Blīvums 4,5–5,0 g/cm³.

Pazīstamākie ir divi minerāli – antimona blāvā rūda jeb tetraedrīts Cu₃SbS₃ un arsēna blāvā rūda jeb tenantīts Cu₃AsS₃.

Raksturīgas pazīmes ir kristālu forma, tēraudpelēka krāsa, trauslums, spīdums un zemā kušanas temperatūra.

Veidojas zemas temperatūras hidrotermālos apstākļos un kristalizējas kopā ar pirītu, halkopirītu, galenītu, tīrradņu zeltu, barītu, kalcītu un citiem minerāliem. Ļoti reti blāvās rūdas zināmas kā eksoģēns veidojums sulfīdu atradņu cementācijas zonā.

Pastāvīgas atradnes neveido. Lielākie daudzumi zināmi vara rūdas (Turjinskas) un zelta (Berjozovskas, Darsunas) atradnēs. Saimnieciski izmanto kā komplekso vara rūdu.

4.2.5. Telurīdi, arsenīdi, antimonīdi un bismutīdi

Šajā apakšgrupā pēc sava ķīmiskā sastāva un fizikālajām īpašībām tiek apvienoti visai atšķirīgi minerāli, tomēr tie ir samērā tuvi sulfīdiem, un tas visus tos noteikti apvieno. Gandrīz visi šie minerāli ir dabā reti un zemes virspusē viegli pārvēršas citās, mazāk mainīgās minerālās formās.

4.2.5.1. Telurīdi un telurāti

Patlaban ir pazīstami 62 telurīdu un telurātu dabiskie minerāli. Visi tie ir mineraloģiski retumi, plašāk pazīstami tikai daži hidrotermāli dzīslu minerāli, piemēram, empresīts AgTe (rombiskas piramīdas, bronzas krāsa, spīdums metālisks, svītras krāsa pelēka; skaldnība vāji izteikta, cietība 3,5; blīvums 7,5–7,59 g/cm³), hesīts Ag₂Te (monoklīnas singonijas prizmatiski kristāli svina pelēkā līdz tēraudpelēkā krāsā; svītra gaiši pelēka; skaldnība vāji izteikta vienā virzienā; cietība 1,5–2; blīvums 7,2–7,9 g/cm³) un štucīts Ag_{4,7}Te₃ (heksagonālas singonijas diheksagonālas dipiramīdas pelēkā vai pelēcīgā bronzas krāsā, svītra svina pelēka; cietība 3,5; blīvums 8 g/cm³).

4.2.5.2. Arsenīdi

Arsenīdi ir plaša minerālu grupa, kura aptver 298 minerālus, tomēr vairākums no tiem ir reti mineraloģiski atradumi. Starp tiem biežāk makroskopiski nosakāmi ir tikai tenantīts, enargīts un prustīts.

Nikelīns – NiAs (sinonīms – sarkanais niķeļa kolčedāns). Heksagonālas singonijas kristāli nav bieži izplatīti, tās parasti ir prizmas, dipiramidālas prizmas. Nereti satur vara piemaisījumus un citu minerālu ieslēgumus. Visbiežāk tā ir kristāliska masa, viendabīga masa, nierveida veidojumi. Krāsa gaiši vara sarkana, sarkanīga ar bronzas nokrāsu, brūngani melna līdz melnai ar sarkanīgu nokrāsu. Spīdums metālisks, cietība 5. Minerāls ir ļoti trausls. Blīvums 7,6–7,8 g/cm³ un ir atkarīgs no agregātu veida.

Raksturīgākās pazīmes ir gaiši sarkanā bronzas krāsa un metālisks spīdums. Pārbaudot ar pūšamo caurulīti uz ogle, veidojas spīdīga metāliska lodīte un gaisā ir jūtama asa ķiploku smaka.

Visbiežāk veidojas hidrotermālos apstākļos kopā ar citiem niķeļa arsenīdiem – hloantītu, remelsbergītu, kā arī tīrdrupu bismutu, sudrabu un citiem. Nikelīnam dēdējot, tikai no tā veidojas koši zaļš minerāls – anabergīts, kas sastopams uzsūbējumu un garoziņu veidā. Anabergīts vienmēr tieši norāda uz nikelīna klātbūtni un ar niķeli bagātām rūdu koncentrācijām.

Minerāls pastāvīgas atradnes neveido. Bieži ir sastopams Vācijā, Rūdu kalnu atradnēs (Saksijā), Kanādā (Kobaltas atradne Ontario), arī Berikuļskas zelta atradnē Rietumsibīrijā (Krievijā).

Tenantīts – Cu₁₂As₄S₁₃. Precīzāk tas tiek izteikts kā (Cu,Ag,Fe,Zn)₁₂As₄S₁₃. Kubiskas singonijas kristāli, bet sastopams graudainā masā.

Spīdums metālisks, krāsa pelēcīgi brūna. Svītras krāsa – sarkanīgi pelēka. Cietība 3–4,5. Blīvums 4,6–4,7 g/cm³.

Sastopams kopā ar kvarcu, smitsonītu, bornītu, malahītu un dolomītu. Ja tenantītu kā minerālu nav iespējams precīzi noteikt, tad minerālu sakopojumu sauc par blāvajām rūdām.

Enargīts – Cu₃AsS₄. Rombiskas singonijas prizmatiski kristāli, tomēr biežāk tā ir graudaina masa. Labi izteiktiem prizmatiskiem

kristāliem ir vērojams vertikāls švīkojums. Minerāla krāsa ir tēraudpelēka līdz dzelzs melnai. Svītra pelēcīgi melna. Nav caurspīdīgs, spīdums izteikti pusmetālisks. Trausls, cietība 3,5. Skaldnība divos virzienos. Blīvums 4,4–4,5 g/cm³. Ir vājš elektrovadītājs.

Pēc ārējām pazīmēm ir ļoti līdzīgs melnam sfalerītam, atšķiras no tā ar skaldnību un pēc izteiktāka spīduma. Ar pūšamo caurulīti uz ogles no minerāla pulverīša var iegūt baltu As₂O₃ traipu, kopā ar sodu – vara lodīti. Ja to šķīdina ar slāpekļskābi, virs šķīduma izveidojas dzeltenas sēra pārslas.

Veidojas gandrīz tikai hidrotermālos apstākļos kopā ar vara rūdām kristalizācijas noslēguma posmā – asociējas ar blāvām rūdām, halkopirītu, kā arī galenītu un pirītu. Šādu atradņu oksidācijas zonā viegli pārvēršas par malahītu, azurītu vai olivenītu (alvas arsenātu). Pasaulē ir zināmas tikai dažas rūpnieciskas nozīmes atradnes – Bjūta (Montāna, ASV), Čukikamaka (Čīlē) un Tsumeba (Dienvidāfrikas Republikā).

Prustīts — Ag₃As₃ (sinonīms – gaiši sarkanās sudraba rūdas). Kristāli trigonālas singonijas ditrigonālas piramīdas, raksturīgākās formas ir heksagonālas prizmas un skalenoedri ar asiem romboedriem. Raksturīgs šķērsšvīkojums uz prizmas skaldnēm. Visbiežāk sastopami kā atsevišķu graudu ieslēgumi, retāk kā masīva viengabalaina masa. Krāsa koši sarkana (līdzīga cinobram), arī svītras krāsa koši sarkana. Puscaurspīdīgs, spīdums dimanta. Cietība 2–2,5. Trausls, skaldnība izteikta vienā virzienā, laužums gliemežnīcas. Blīvums 5,57–5,64 g/cm³.

Ļoti grūti atšķirt no pirargirīta (iespējams tikai pēc kristālu formas). No cinkīta (ZnS) atšķiras ar krāsu un cietību (cinkītam cietība ir 4–4,5, svītra – oranži dzeltena). Kausējot ar pūšamo caurulīti, prustīts izteikti smaržo pēc ķiplokiem, viegli kūst, veidojot baltu traipu uz ogles. Pērlīte sodas klātbūtnē reducējošā liesmā izdala metālisku sudrabu.

Sastopams zemas un vidējas hidrotermālas mineralizācijas dzīslās kopā ar citām svīna, cinka un sudraba rūdām (tā saucamā dārgmetālu kvarca – kalčīta formācija). Labākie kristāli zināmi Čīlē (Doloresas svīna un cinka atradne) un Krievijā (Bezīmjanas svīna un cinka atradne Verhojanskas rietumos).

4.2.5.3. Antimonīdi

Antimonīdi arī nav ļoti plaši izplatīti noturīgu minerālu formās zemes virsū, to kopējais skaits nepārsniedz 28. No tiem biežāk sastopami un makroskopiski nosakāmi ir tikai tetraedrīts, burnonīts, pirargīrīts, stefanīts, polibazīts, bulanžerīts un džemsonīts.

Tetraedrīts – $\text{Cu}_{12}\text{Sb}_{14}\text{S}_{13}$. Piemaisījumos satur Ag, Zn, Fe, Hg, Ni, Co, Mn, As un Bi, tāpēc gadījumos, kad nav iespējams precīzi noteikt minerālu, to sauc par blāvajām rūdām. Kristāli ir kubiskas singonijas heksatetraedriski vai kombinētas formas, neretas ir kristālu dvīņu formas. Sastopams tādos kristālos tikai dzīslās, ārpus tām kā graudaina masa un masīvi agregāti. Krāsa tēraudpelēka līdz dzelzs melnai, svītras krāsa melna ar brūnu vai ķiršu sarkanu nokrāsu. Spīdums metālisks vai pusmetālisks. Cietība 3–4, trausls. Skaldnības tikpat kā nav. Blīvums 4,4–5,4 g/cm³. Vāji vada elektrību.

Raksturīga blāva krāsa, noskaldot gabaliņu. Minerāls ir trausls. Mēģinot nodrupināt minerāla gabaliņu un ar nazi vai naglu velkot pa minerālu, nav redzama metāliska švīka (raksturīga ļoti līdzīgam halkozīnam un argentītam). Ar pūšamo caurulīti viegli kūst, veidojot pelēku lodīti un izdalot Sb un As oksīdus.

Raksturīgs hidrotermālas izcelsmes minerāls, veidojas kopā ar citiem vara blāvo rūdu minerāliem un halkopirītu, retāk sfalerītu, galenītu, pirītu un arsenopirītu. Lielas nozīmīgas atradnes neveido.

Burnonīts – CuPbSbS_3 (sinonīms – bertonīts). Kā piemaisījumus satur Fe, Ag un ļoti nedaudz Zn un Mn. Kristāli rombiskas singonijas rombdipiramīdas, biežāk plātņaini kristāli ar raksturīgu krustveida kristālu saaugumiem, “riteņa rata” veida kristālu dvīņiem. Visbiežāk tie ir atsevišķi minerālu graudi vai viendabīga masa. Krāsa tēraudpelēka, svina pelēka. Svītras krāsa melna. Spīdums metālisks. Cietība 2,5–3. Skaldnība izteikta vienā virzienā. Blīvums 5,7–5,9 g/cm³. Trausls, elektrību nevada.

Līdzīgs blāvajām rūdām, bet atšķiras ar izteiktāku un spēcīgāku spīdumu. Pārbaudot ar kausējamo caurulīti, kopā ar sodu viegli veido melnu lodīti, no kuras uzmanīgi nodalot svinu (turpinot kausēt kopā ar borskābi) ar grūtībām var iegūt vara lodīti. Melno lodīti stipri sakarsējot, kopā ar Kl uz ogles veido dzeltenīgu zaļu PbI_2 traipu. Viegli šķīst slāpekļskābē, izdalot S un Sb_2O_3 .

Raksturīgs svina un antimonīta hidrotermālo rūdu atradņu minerāls, īpaši kopā ar tetraedrītu un galenītu, nereti kārtiņas veidā nodalot šos minerālus citu no cita. Patstāvīgas atradnes neveido, bieži ir sastopams svina un antimona rūdu atradnēs.

Pirargirīts – Ag_3SbS_3 (sinonīms – tumšā sarkanā sudraba rūda, sudraba māneklis, aerezīts). Pēc īpašībām ļoti līdzīgs prustītam. Trigonālas singonijas prizmatiski (turmalīna prizmas tipa) kristāli, līdz pat 3 cm gari. Cietība 2,5. Svītras krāsa ķiršu sarkana. Spīdums pusmetālisks. Skaldnība neizteikta.

Atšķirīgās iezīmes ir tumši melna, dzelzs melna krāsa, kristālu skaldnes pret gaismu var būt puscaurspīdīgas. Svītras krāsa tumši ķiršu sarkana vai pelēcīgi sarkana. Blīvums augstāks nekā prustītam – 5,77–5,86 g/cm³.

Izteiksmīgākie kristāli ir zināmi no Meksikas sudraba atradnēm.

Stefanīts – Ag_6SbS_4 . Kristāli – rombiskas singonijas. Sastopams īsprizmatisku agregātu un viendabīgas masas veidā. Krāsa pelēcīgi melna, svītras krāsa melna. Spīdums metālisks. Cietība 2–2,5. Trausls. Skaldnība vidēja vienā virzienā. Blīvums 6,2–6,3 g/cm³.

Pārbaudot ar pūšamo caurulīti, minerāls kūst plaisājot un drūpot, veidojot uz oglei Sb_2O_3 traipu. Kausējot ar sodu, veido sudraba lodīti. Viegli šķīst atšķaidītā slāpekļskābē, izdalot S un Sb_2S_3 .

Sastopams kopā ar citiem sudraba un antimona minerāliem, parasti ļoti nelielā daudzumā hidrotermālās dzīslās.

Polibazīts – $(\text{Ag,Cu})_{16}\text{Sb}_2\text{S}_{11}$. Kristāli – monoklīnas singonijas plāksnītes un īsprizmatiski pseidoheksagonālas komplicētas formas. Krāsa pelēki melna, svītras krāsa melna ar tumši sarkanu nokrāsu. Spīdums metālisks. Cietība 2–3. Skaldnība izteikta vienā virzienā. Blīvums 6,27–6,33 g/cm³.

Pārbaudot ar pūšamo caurulīti uz oglei, viegli kūst un veido metālisku lodīti, izdalot dūmus un Sb_2S_3 traipu uz oglei.

Sastopams kopā ar citiem sudraba sulfosāļu minerāliem hidrotermālās dzīslās nelielā daudzumā visā pasaulē.

Bulanžerīts – $Pb_5Sb_4S_{11}$. Nereti satur galenīta mehāniskus piejaukumus un vara ķīmisku piemaisījumu. Monoklīnas singonijas prizmatiski kristāli ir ļoti reti. Visbiežāk – sīkgraudainā masā un nenoīktas orientācijas šķiedrainās formās (“samezglotu un sajauktu matu” forma). Krāsa svina pelēka līdz dzelzs melnai, svītra pelēcīgi melna ar brūnu nokrāsu. Spīdums metālisks. Cietība 2,5–3. Trausls. Vidēja skaldnība vienā virzienā. Blīvums $6,23 \text{ g/cm}^3$.

Visvieglāk atšķirt pēc neregulāri orientētām šķiedrām, “matveida” agregātiem un brūnganas nokrāsas svītras. No citiem svina sulfoantimonītiem ir atšķirams tikai ķīmiskās analīzēs. Pārbaudot ar kausējamo caurulīti, viegli kūst. Ar sodu uz ogles veido svina lodīti un blīvu baltas krāsas Sb_2S_3 traipu uz ogles.

Veidojas hidrotermālos apstākļos, sastopams dzīslās kopā ar galenītu, sfalerītu, antimonītu, blāvo rūdu, arsenopīritu un karbonātu minerāliem.

Izmanto tikai kā svina rūdu, lielākās atradnes zināmas Krievijā – Algačinskas, Kļičinskas, Zarentujskas un dažas citas.

Džemsonīts – $Pb_4FeSb_6S_{14}$ (sinonīms – tikai attiecībā uz dzelzi saturošu varietāti – plumozīts). Monoklīnas singonijas prizmatiski, adatveida vai “matveida” kristāli, nereti sastopami kā caurauguši vai ieslēgti kristāli kvarca, sfalerīta kristālos, bieži aizpilda tukšās vietas drūzās. Krāsa svina pelēka, svītra pelēki melna. Spīdums metālisks. Cietība 2–3. Trausls. Lauzums nelīdzens. Skaldnība vienā virzienā izteikta. Blīvums $5,5\text{--}6 \text{ g/cm}^3$.

Nav atšķirams no citiem, ja minerāls neveido adatveida formas. Pārbaudot ar pūšamo caurulīti uz ogles, viegli veido svina lodīti. Uz ogles ar sodu veido blīvu baltas krāsas Sb_2S_3 traipu. Viegli šķīst slāpekļskābē.

Sastopams reti svina un cinka hidrotermālo rūdu atradnēs, nereti kopā ar kvarcu, galenītu un sfalerītu.

4.2.5.4. Bismutīdi

Kopā zināmi tikai 57 minerāli, gandrīz visi ir mineraloģiski retumi. Visplašāk izplatīts ir aikinīts.

Aikinīts – CuPbBiS_3 (sinonīms – patrinīts). Nereti ir sudraba un zelta piemaisījumi. Kristāli rombiskas singonijas rombodipiramidālas formas. Ļoti bieži sastopami adatveida, prizmatiskā un šķiedru formā uz kvarca kristāliem. Tipisks vertikāls švīkojums uz prizmu skaldnēm. Sastopams arī viendabīgā masā. Krāsa svina pelēka līdz tēraudpelēkai, kristālu virsmai viegli brūns atspīdums. Svītras krāsa pelēki melna, spīdīga. Necaurspīdīgs. Spīdums metālisks. Cietība 2–2,5. Trausls. Skaldnība neizteikta. Blīvums 6,1–6,7 g/cm³.

Raksturīga adatveida un šķiedru kristālu forma, tomēr, neveicot ķīmiskās analīzes, minerāls nav diagnosticējams (nosakāms ir Bi, Pb un Cu). Pārbaudot ar pūšamo caurulīti, minerāls viegli kūst un pārklāj ogli ar baltu un dzeltenu traipu. Iegūtā metāliskā lodīte kopā ar borskābi tikai ar grūtībām veido vara lodīti. Raksturīga reakcija ar KI bismuta noteikšanai. Šķīst slāpekļskābē, izdalot svina sulfātu un sēru.

Minerāls ir reti sastopams, gandrīz tikai hidrotermālās kvarca dzīslās kopā ar pirītu, halkopirītu, blāvām rūdām, arsenopirītu un tīrradņu zeltu. Labākie kristāli zināmi Urālos, Berezovskas zelta atradnē (Krievijā). Nav saimnieciskas nozīmes, bet minerāls ir ļoti laba norāde zelta rūdu meklēšanā.

Telurobismutīts – Bi_2Te_3 . Trigonālas singonijas tumši pelēks minerāls. Cietība 1,5–3. Blīvums 7,8 g/cm³. Daudz šā minerāla atrasts tikai zelta raktuvēs Meksikā (zemas temperatūras hidrotermālās kvarca dzīslās kopā ar zeltu, pirītu, arsenopirītu un citiem minerāliem).

4.3. Halīdu klase

Minerālu grupa nosacīti apvieno halogēnu savienojumus (halogēnīdus), kas pēc savas kristāliskās struktūras ir tuvi raksturīgākajam klases minerālam – halītam.

Galvenie halīdu klases jeb halogēnīdu minerāli ķīmiskā sastāva ziņā atbilst kalcija fluorīdam, nātrija, kālija un magnija hlorīdiem. Fluorīdi ir tieši saistīti ar magmatiskiem un augstas temperatūras hidrotermāliem procesiem un tikai reti ar nogulumiežiem. Savukārt hlorā savienojumi visbiežāk ir jūru un baseinu sedimentācijas procesu

rezultāts, šādos apstākļos veidojas biezi un lielās platībās izturēti hloru saturošu minerālu slāņi. Daudz retāk hlorītu minerāli veidojas sulfīdu atradņu oksidācijas zonā.

Minerālu klase aptver 167 minerālus. Makroskopiski nosakāmi ir tikai aptuveni 20 izplatītākie šīs klases minerāli. Nosačiti halīdu klases minerālus iedala vienkāršos un ūdeni saturošos, kas visai nozīmīgi ietekmē minerālu īpašības un to diagnostiku.

4.3.1. Vienkāršie halīdi

Fluorīts – CaF_2 (sinonīms – kušņu špats). Agregāti ir kubiskas singonijas izometriski kubi, nereti izteiksmīgas drūzas. Sastopams arī iepaļas formas izometrisku kristālu, graudainu agregātu, retāk – sekreciju, garozu un notecējumu veidā. Krāsa violeta, zaļa, gaišzila, daudz retāk minerāla kristāli ir dzelteni, bezkrāsaini; caurspīdīgi vai puscaurspīdīgi. Spīdums stiklains, mazliet nespodrs. Cietība 4. Skaldnība laba un ļoti laba. Blīvums $3,18 \text{ g/cm}^3$. Katodu staru gaismā minerāls izteikti spīd violeta krāsā (fluoriscē), dažas fluorīta formas intensīvi spīd, tās papildus uzsildot (termoluminiscē).

Izšķir fluorīta minerāla varitātes: optiskais fluorīts (bezkrāsaini un caurspīdīgi kristāli); ratovkīts (zemjains, ar daudz piemaisījumiem jaukts fluorīts merģeļos un karbonātiežos).

Raksturīgs spīdums, zema cietība, kubiska un oktaedriska kristālu forma, bieži polihroms nokrāsojums – atsevišķas kristāla daļas var būt dažādās krāsās.

Veidojas augstas temperatūras hidrotermālos, retāk metamorfisma procesos un eksogēnos apstākļos (ratovkīts). Kvarca dzīslās fluorīta pavadoņi ir barīts, kalcīts, svina, cinka un alvas sulfīdi, greizenos – muskovīts, topāzs, volframīts un kasiterīts.

Visplašāk izmanto metalurģijā, ķīmiskajā rūpniecībā, keramisko izstrādājumu ražošanā, optiskajā rūpniecībā un kodoltehniskā. Lielākās atradnes pasaulē ir ASV (Kentuki un Ilinoisas pavalstīs), Mongolijā (Berhas, Dzuncagandelas, Borundurā atradnes), Krievijā (Klangujas un Garsonujskas atradnes Aizbaikālā, Amdermas atradne Arhangeļskas apgabalā), Ķīnā un Ukrainā.

Fluorīts ir galvenais fluora avots, lai arī pēdējos gadu desmitos arvien vairāk to iegūst no naftas un dabasgāzes. Gadā pasaulē iegūst

aptuveni 4,7 miljonus tonnu, ieguve nedaudz palielinās. Iegūstamais rūdu daudzums tiek vērtēts 18 miljardu tonnu apjomā, kas ir ekvivalents 1,29 miljardiem tonnu tīra fluorīta. Aprēķinātie un novērtētie krājumi 2006. gada sākumā sasniedza 0,48 miljardus tonnu, tajā skaitā ekspluatācijā esošajās atradnēs – 0,23 miljardus tonnu.

Pasaules tirgū dominējošā loma ir Ķīnai (55%), Meksikai (15%), Mongolijai (strauji pieaugoša loma, patlaban sasniedzot jau 5%) un Dienvidāfrikai (5%).

Halīts – NaCl (sinonīms – akmenssāls). Agregāti ir kubiskas singonijas kristālu blīvas graudainas, bieži lielgraudainas masas un kubiskas formas kristāli. Bieži arī dažādas garoziņas, kārtiņas, zemjaina masa. Bezkrāsains, caurspīdīgs vai balts, piemaisījumu dēļ var būt arī pelēkā un citās krāsās. Spīdums stiklains, gaisā ar laiku kļūst taukains. Cietība 2–2,5. Skaldnība laba un ļoti laba. Blīvums 2–2,16 g/cm³. Izplatīts petrogēns minerāls. Labi šķīst ūdenī, sāļa garša.

Zināmas divas minerāla varietātes: akmenssāls (kristāliskas masas biezos slāņos) un pašsēdošā jeb recentā (halīts, kas veidojas ūdensbaseinos sausā un karstā klimatā).

Raksturīga sāļā garša, kristālu forma un skaldnība, augsta šķīdība ūdenī, zema cietība.

Veidojas tikai sedimentācijas procesos, citos halīts var veidoties, bet viegli šķīst un tiek pārvietots. Slānī halīts spiediena ietekmē kļūst plastisks un veido kupola, štoku un citas formas iegulas. Ļoti bieži sastopams kopā ar citiem viegli šķīstošiem minerāliem (silvīnu, ģipsi, karnalītu un citiem).

Lielākās atradnes ir Ukrainā (Artjomovskas Dsolotvino Aizkarpatos), Rietumkazahstānā, Krievijā (Eltona un Baskunčaka ezeri, Nordvikas atradne Jakutijā, Soļikamska Urālos), Baltkrievijā (Soļigorska), Vācijā (Stasfurtes atradne), Polijā, Ziemeļindijā, ASV, Ķīnā, Kanādā un citur.

Izmanto pārtikas, ķīmiskajā rūpniecībā un citur. Ik gadu iegūst aptuveni 210–215 miljonu tonnu halīta. Pasaulē sāls patēriņš nedaudz, bet pastāvīgi pieaug. Zināmie sāls resursi atradnēs tiek vērtēti vairākos simtos miljardu tonnu. Pasaules tirgū nav izteikti dominējošu valstu, jo to iegūst un eksportē vairāk nekā 120 valstis, tomēr visvairāk ASV (21% no pasaules tirgus 2005. gadā) un Ķīna (16%).

Silvīns – KCl (sinonīms – rūgtā akmenssāls). Agregāti kubiskas singonijas kristāliski agregāti un masas, visbiežāk kopā ar halītu. Krāsa bieži dzeltenīga vai oranžsarkana, balta, rožaina, var būt arī bezkrāsains, caurspīdīgs. Spīdums stiklains. Cietība 2. Skaldnība laba, blīvums 1,97–1,99 g/cm³.

Raksturīga sāļa garša, salīdzinājumā ar halīta garšu tā ir asāka, nedaudz svilinoša, zema cietība, labi šķīst ūdenī.

Veidojas sedimentācijas procesos. Raksturīgas ļoti lielas atradnes. Tādas ir ASV (Mičiganas, Montānas un Ziemeļdakotas pavalstīs), Kanādā (Saskačevanas baseina atradnes), Krievijā, Baltkrievijā un Taizemē.

Izmanto kālija minerālmēslu ražošanā un ķīmiskajā rūpniecībā. Gadā pasaulē iegūst aptuveni 28–30 miljonus tonnu (K₂O ekvivalentā). Zināmie resursi pasaulē tiek vērtēti simtos miljardu tonnu. Jaunas atradnes netiek meklētas, pēdējos 50 gados visas jaunās atradnes atrastas kā blakus atklājumi naftas un gāzes meklēšanas darbos. Izpētītie un novērtētie krājumi pasaulē noteikti 2006. gada sākumā 17 miljardu tonnu apjomā, tajā skaitā ekspluatācijā esošajās atradnēs – 8,3 miljardi tonnu. Pasaules tirgū dominē Kanāda (32%), Krievija (18%), Baltkrievija (16%) un Vācija (12%).

4.3.2. Kompleksie halīdi

Karnalīts – MgCl₂·KCl·6H₂O. Agregāti ir rombiskas singonijas graudainas masas. Krāsa balta, sārtā līdz sarkanai, nereti ar dzelzs (III) oksīda piejaukumiem. Bieži kā izomorpus piemaisījumus satur Br, Rb, Cs, retāk Tl, Li, nereti arī gāzes un šķidrums pūslīšus, mālus. Cietība 1–2. Blīvums 1,6 g/cm³. Ļoti rūgta garša.

Nosakāms pēc vieglas šķīdības ūdenī, mitrā gaisā viegli kūst. Uz stikliņa sildot, sasprēgā un izkūst pats no sevis izdalītajā ūdenī. Plaisājot ir dzirdami raksturīgi trokšņi. Ar vienkāršām metodēm (krāsojot liesmu u. tml.) var noteikt kālija klātbūtni, kas ļauj karnalītu atšķirt no bišofīta un tahidrīta.

Veidojas eksogēnos sedimentācijas apstākļos kopā ar halītu un silvīnu. Atradnēs vienmēr veido augšējo kupola daļu, jo senajos sālsezeros izsēdās pēdējais. Raksturīga ir minerāla atrašanās pilna

cikla sālsezeru sedimentācijas rindā, kuras apakšējā slānī iegulģipsis, tad to pārsedz anhidrīts, tad secīgi halīts, silvīns, un noslēdz karnalīts.

Izmanto metāliska magnija ieguvei un kālija sāļu ražošanā. Mūsdienās izmanto tikai dažas atradnes pasaulē – Krievijā (Soļikamskas atradne Urālos), Baltkrievijā (Starobinskas atradne), Vācijā (Stasfurtes), ASV un arī Kanādā.

Bišofīts – $MgCl_2 \cdot 6H_2O$. Agregāti ir monoklīnas singonijas graudaini agregāti un viendabīga masa. Krāsa balta, retāk sarkana. Spīdums stiklains. Trausls. Cietība 1–2. Blīvums $1,6 \text{ g/cm}^3$.

Raksturīgas īpašības – augsts higroskopiskums (šķīst gaisa klātbūtnē), viegli šķīst ūdenī, izteikti rūgti dedzinoša garša.

Izmanto metāliska magnija un magnija sāļu iegūšanai. Īpašas bišofīta minerāla atradnes nav zināmas, parasti to iegūst halīta un silvīna atradnēs. Raksturīgas atradnes Krievijā (Saratovas un Volgogradas apgabalā), Izraēlā un Jordānijā (Nāves jūras baseinā), Austrālijā (Rokhamptonas atradne Kvīnslendā) un Ķīnā.

Bišofīts ir nozīmīga magnija rūda (pasaulē aptuveni 7–10% no nepieciešamā magnija iegūst no šā minerāla).

Tikai nosacīti pie kompleksajiem halīdiem var pieskaitīt visai plašo **kerargirīta minerālu grupu**, kas apviēno sudraba, vara, dzīvsudraba un svina hlorīdus, bromīdus un jodīdus, kas sastopami kopā karsta klimata apstākļos esošo rūdu atradņu oksidācijas zonā. Tie ir kubiskas singonijas bezkrāsaini līdz gaiši dzeltenīgi kristāliņi, kas gaismas ietekmē maina krāsu uz tumši violetu, zili zaļu un kļūst brūni. Minerāliem ir dimanta spīdums. Zema cietība – 1,5–2. Blīvums $5,5 \text{ g/cm}^3$. Viegli kaļami, nepiemīt skaldnība, nešķīst ūdenī. Ļoti slikti un nepilnīgi šķīst arī skābēs, bet raksturīga ir šķīšana amonjaka šķīdumā.

Veidojas rūdu atradņu oksidācijas zonā, bieži veido sudraba tīrradņu pseidomorfozes. Reti minerāli un viegli pakļauti dēdēšanai. Nelielā daudzumā sastopami kārtiņu un garozu veidā Krievijā (Milailovskas atradne Dienvidurālos), Kazahstānā, Čīlē (Atakamas tuksnesī), Meksikā un Austrālijā.

4.4. Oksīdu (oksīdu un hidroksīdu) klase

Šīs klases minerāli pēc sastāva atbilst metālu un metaloīdu savienojumiem ar skābekli vai ar skābekli un hidroksilgrupu. Pie šīs klases pieder arī hidroksīdi, kuru sastāvā ir atsevišķas ūdens molekulas vai hidroksilgrupa. Daudziem šīs klases minerāliem ir ļoti izturīga kristāliskā režģa uzbūve un augsta cietība (6–8 un pat 9 pēc Mosa skalas). Oksīdu un hidroksīdu minerāli ir ļoti izplatīti Zemes garozā, kur tie aizņem 17%, tajā skaitā silīcija oksīdi – 12,5%. Šo minerālu praktiskā nozīme ir ļoti liela, daudzi veido melno un krāsaino metālu rūdu atradnes, vairāki ir kardinālie minerāli. Visiem oksīdu klases minerāliem piemīt izturība pret dēdēšanas procesiem.

Ļoti bieži, bet nosacīti, šajā klasē tiek iekļauts arī opāls, tas ir amorfs minerāls un ciets hidroģēls.

4.4.1. Vienkāršie oksīdi

Kuprīts – Cu_2O . Agregāti – sīki kubiskas singonijas oktaedriski vai kubiski kristāliņi, tomēr visbiežāk viendabīga sīkgraudaina masa. Retāk pulverveida un zemjaini agregāti, to sajaukumu ar dzelzs hidroksīdiem sauc par ķieģeļu rūdu. Krāsa ir dažādu nokrāsu sarkana, sarkanbrūna. Svītra sarkana. Kristāliskos agregātos minerālam ir dimanta spīdums, citos – matēts. Cietība 3,5–5. Blīvums 6 g/cm^3 .

Atšķirams pēc raksturīgās sarkanās krāsas un svītras, izteiktā spīduma un asociācijas ar dzelzs hidroksīdiem.

Veidojas eksogēnos apstākļos, oksidējoties vara sulfīdu rūdām, kur sastopams kopā ar tīrradņu varu, malahītu, azurītu un limonītu.

Kuprītam oksidējoties, veidojas malahīts, raksturīgas tā pseidomorfozes pēc kuprīta kristāliem.

Atsevišķas minerāla atradnes nav zināmas, bieži ir sastopams Urālos un Čīlē vara rūdu atradnēs. Izmanto kopā ar citām vara rūdām.

Korunds – Al_2O_3 . Agregāti – iežu masā ieslēgti trigonālas singonijas ditrigonālās diprizmas un dipiramīdas kristāli, neizteiktas formas prizmatiski, mucveida vai tabletveida kristāli, arī graudaini, blīvi agregāti. Krāsa zilganpelēka vai dzeltenī pelēka, kristāli parasti necaurspīdīgi, puscaurspīdīgi, duļķaini, reti caurspīdīgi. Spīdums stiklains, līdz

dimanta spīdumam. Cietība 9 (etalons). Skaldnība ļoti nepilnīga. Blīvums 3,95–4,10 g/cm³.

Raksturīga ļoti lielā cietība, kristālu forma, svītrojums uz skaldnēm (kas orientēts perpendikulāri kristālu gareniskajai asij). Ja minerāla īpašības ir precīzi noteiktas un kristāls ir pilnīgi veidots, tad reti kristāla ārējai formai var konstatēt citu singoniju pazīmes. Tas ir tāpēc, ka patiesībā korundam ir trīs atšķirīgas polimorfās modifikācijas (trigonāla, heksagonāla un kubiska). Šaubu gadījumā vēlreiz pārbaudiet cietību, pirms jautājat padomu speciālistiem laboratorijās.

Zināmi vairāki desmiti paveidu, daļa no tiem ir caurspīdīgi: sarkans – rubīns; zils – safīrs, bezkrāsains – leikosafīrs, violets – austrumu safīrs, zaļš – austrumu smaragds. Sīkgraudainu korunda masīvu iezi sauc par galodu. Tās nokrāsas ir atkarīgas no sīku minerālu (hematīts, magnetīts, špinelis u. c.) piemaisījuma. Izmanto galvenokārt abražīvu ražošanā, caurspīdīgos krāsainos paveidus kā dārgakmeņus.

Veidojas magmatiskos un metamorfisma procesos vienmēr kopā ar bāziskiem iežiem. Otrs izplatīts minerāla veidošanās process ir kontakta metamorfisms, magmatiskiem iežiem iedarbojoties uz karbonātiem un boksītiem (šādos apstākļos veidojas visi augstvērtīgie korunda kristāli).

Lielākas atradnes pasaulē ir Semizbugu (Kazahstānā), Kištīmas upes ieleja un Ilmeņa kalni Urālos (Krievijā), Mohoka (Mjanmā, agrākajā Birmā), daudzas kliecnes Šrilankā (safīrs), Čestera (Masačūsetsa, ASV), Naksosas un Samosas salas Egejas jūrā (Grieķijā). Mūsdienās visas korunda vērtīgās krāsu varietātes tiek mākslīgi sintezētas, un korunda minerālu ieguve ir būtiski samazinājusies.

Hematīts – Fe₂O₃ (sinonīms – dzelzs spīde, sarkanais dzelznis). Agregāti parasti blīvi slēptkristāliski, retāk zvīņaini vai graudaini, dažreiz veido radiāli starainas uzbūves garozas. Labi izteikti trigonālās singonijas kristāli ļoti reti. Krāsa tumši sarkana, brūngani sarkana līdz melnai. Svītra ķiršsarkana. Spīdums pusmetālisks. Cietība 5–6. Skaldnības nav. Blīvums 5,0–5,3 g/cm³. Nav magnētisks.

Izšķir vairākas varietātes – dzelzs spīdi (melni, sīkplākšņaini, zvīņaini agregāti), pie šīs varietātes pieskaita arī dzelzs vizlas, dzelzs rozes. Otra varietāte ir masīvi un blīvi agregāti – sarkanā dzelzsrūda, pie

kuras pieskaita arī vairākus paveidus – sarkanās stikla galvas, zemjainas, okerveida masas un oolītus.

Raksturīga svītras krāsa, spīdums un augsta cietība, minerālu agregāti un kristālu forma.

Veidojas gan magmatiskos, gan hidrotermālos, metamorfisma un dēdēšanas procesos. Salīdzinoši viegli oksidējas, un to aizvieto dzelzs hidroksīdi.

Pasaulē lielākās ir Krivojrogas atradne un Kurskas magnētiskās anomālijas atradnes (kopā aptuveni 20 atradņu), Kostomukšas atradne Karēlijā, Augšezera atradnes ASV, Beluorizonti un Karažas atradnes Brazīlijā, Anjšanas atradņu grupa Ķīnā un Venzas atradne Alžīrijā.

Izmanto kā vērtīgu dzelzsrūdu (satur Fe līdz 70,0%) kopā ar citiem minerāliem, arī dabisko krāsvielu ražošanā jau kopš viduslaikiem. Mūsdienās tā ir galvenā (vairāk nekā 72%) dzelzsrūda pasaulē. Tās kopējie resursi tiek lēsti aptuveni 800 miljardu tonnu apjomā, no tiem izpētīti un novērtēti atradnēs (2005. gadā) 370 miljardi tonnu, ekspluatācijā esošajās atradnēs – 160 miljardi tonnu rūdas krājumu. Gadā iegūst aptuveni 1,1–1,2 miljardus tonnu. Pasaules tirgū dominē Ķīna (22%), Austrālija (18%), Brazīlija (18%) un Indija (9%).

Rutils – TiO_2 . Nereti irniecīgā daudzumā Fe, Ta, Nb, Cr, V un Sn piemaisījumi. Dominē kristāliski agregāti, tās ir tetragonālas singonijas prizmas, retāk adatveida kristāliņi. Raksturīgs kristālu garenajām skaldnēm paralēls švīkojums (neattīstīti dvīņu kristāli). Ļoti bieži sastopami zem 90° liekti kristālu prizmu saaugumi (tā saucamie ceļgala dvīņi), arī sarežģītāki labi izteiktu kristāla prizmu saaugumi. Krāsa atbilst nosaukumam (no grieķu valodas sarkanīgais) – sarkana, sarkanbrūna, tumši brūni iesarkana. Spīdums pusmetālisks līdz dimanta. Cietība 6–6,5. Blīvums 4,2–4,3 g/cm³. Nekūst, bet augstā temperatūrā pārvēršas pulverveida masā.

Izšķir vairākus paveidus: nigrīnu, struverītu, izerītu, niobija rutilu, lusterītu un citus. Pazīstamākais ir sagenīts – adatveida rutils tīklveida agregātos vai matiņu veidā citu minerālu kristālos. Visbiežāk tie ir rutila matveida kristāliņi kvarcā (nereti sauc par “Veneras matiem”).

Atšķirīgās iezīmes ir izteikts spīdums, kristālu forma, kristālu dvīņi un brūni sarkanā krāsa. No ārēji līdzīgā kasiterīta atšķiras arī blīvumu.

Veidojas magmatiskos apstākļos bāziskā vidē, retāk metamorfiskos apstākļos, atrodams gneisos un slānekļos. Izteiktākie kristāli ir hidrotermālos veidojumos kvarca dzīslās (tā saucamajās alpu tipa dzīslās, kur veido atsevišķus kristālus un to drūzas). Sīki un bojāti kristāli bieži ir sastopami klieknēs.

Labākie rutila kristāli atrodami Urālos (Kamenskas upes ieleja Jekaterinburgas apkaimē Krievijā), Spānijā, Norvēģijas ziemeļos, Šveices Alpos un Madagaskarā.

Kasiterīts – SnO_2 (sinonīms – alvas akmens). Agregāti – tetragonālas singonijas prizmatiski, dipiramidāli, izometriski, ar raksturīgiem kristālu dvīņiem. Kristāli visbiežāk ir dažus milimetrus lieli, tomēr var sasniegt pat 5 cm un vairāk. Ļoti bieži ir sastopams sīku nepareizas formas graudiņu veidā masīvos iežos. Krāsa tumši brūna, brūni sarkana, brūni pelēka līdz pat melnai. Svītra gaiši brūna. Spīdums pusmetālisks līdz dimanta. Cietība 6,5–7. Blīvums 6,8–7,0 g/cm³.

Zināmas vairākas minerāla varietātes – notecējumu formas un agregāti (alvas galvas), dendrītu formas (alvas koks) un citas (cinerts, cingranāts).

Minerāla īpašības ir grūti nosakāmas, īpaši, ja minerāls sīku graudiņu veidā ir ieslēgts iezī. Lai diagnosticētu, visdrošākais paņēmieni ir alvas spoguļa iegūšana: uz cinka plāksnītes uzpiliņa sālsskābi un tad uzliek minerāla graudiņu. Ja tas ir kasiterīta graudiņš, pēc brīža kristāliņa virsma kļūs gaiši pelēka. To pašu ir iespējams izdarīt, mēģenē ar sālsskābi un cinka skaidiņām ievieojot pārbaudāmo minerālu un nedaudz pasildot. Papildu pārbaudi var veikt ar šiem apstrādātajiem graudiem pēc diennakts – paberzējot graudiņu ar drānu, pelēkā minerāla virsma kļūs spoža un balta (ir ķīmiski iegūta alva). Citas raksturīgas kasiterīta pazīmes ir kristālu forma, brūnas krāsas kristālu augstais blīvums, izteikts dimanta spīdums, gaiša svītra.

Veidojas magmatiskos augsta spiediena apstākļos skābā iežus veidojošā vidē (greizenizētos un albitizētos pegmatītos) kā labi izteikti kristāli un to drūzas. Hidrotermālos apstākļos veidojas divu veidu rūpnieciskas nozīmes asociācijas: kasiterīta – kvarca asociācija un kasiterīta – silikātu – sulfīdu asociācija. Raksturīgas asociācijas pegmatītos kopā ar kvarcu, muskovītu, albītu, kolumbītu, greizenos

un skarnos – ar kvarcu, topāzu, fluorīdu un turmalīnu. Kvarca dzīslās tas sastopams kopā ar volframītu, molibdenītu, pirotīnu, piřītu, hlorītu u. c.

Tā ir bagātākā un izplatītākā alvas rūda (78,8% Sn), tomēr liela nozīme ir arī piemaisījumiem – dzelzij, volframam, īpaši niobijam un tantalam. Kasiterīta dēļ romieši Britu salas sauca par Alvas salām. Lielākās atradnes ir saistītas ar sulfīdu dzīslām Bolīvijā, tās ir kļiednes Malakas pussalā Malaizijā. Krievijā lielākās atradnes ir Magadanas apgabala ziemeļos un Čukotkā.

Pasaulē ik gadu no kasiterīta iegūst aptuveni 200–250 tūkstošus tonnu alvas atkarībā no mainīgā tirgus pieprasījuma Dienvidaustrumāzijā. Pasaulē apzinātie alvas resursi sasniedz 20–21 miljardu tonnu, no tiem izpētīti un novērtēti ir 11 miljardi tonnu, ekspluatācijā esošajās atradnēs alvas krājumi 2005. gadā ir uzskaitīti 6,1 miljarda tonnu apjomā. To lielākā daļa ir koncentrēta Rietumāfrikā, Dienvidaustrumāzijā, Austrālijā, Bolīvijā, Brazīlijā, Ķīnā un arī Krievijā.

Lielākās piegādātājas pasaules tirgum ir Ķīna (40%), Indonēzija (18%), Peru (16%), Bolīvija (6%) un Brazīlija (5%).

Alvas izmantošana laika gaitā ir mainījusies, un mūsdienās tās patēriņa struktūra ir aptuveni šāda: iepakojums (skārda kārbas, bundžas, konteineri) – 27%, elektrotehnika – 23%, būvniecība – 10%, transports – 10%, pārējie izmantošanas veidi – 30% (galvenokārt ķīmiskā rūpniecība). Alvas savākšana un atkārtota pārstrāde ir labi organizēta, 2005. gadā atkārtoti tika izmantoti aptuveni 60% no tautsaimniecībā izmantotās alvas daudzuma.

Piroluzīts – MnO_2 . Kristāliski tetragonālas singonijas agregāti ir ļoti reti – tie ir radiāli kārtoti adatveida kristāliņi. Visbiežāk sastopams viendabīgā vai slēptkristāliskā masā. Minerāla un svītras krāsa ir melna, spīdums metālisks. Cietība ir atkarīga no minerālu agregātiem: no 2–3 zemjainām masām līdz 5–6 kristāliskiem agregātiem. Blīvums 4,7–5 g/cm³.

Raksturīgas pazīmes ir melna minerāla un svītras krāsa, mazs blīvums. Visbiežāk ir kopā ar citiem mangānu saturošiem minerāliem – manganītu, psiломelānu, vadu (vadītu) un dzelzs hidroksīdiem (limonītu). Zemjainās masās ir grūti atšķirams no citiem mangānu saturošiem minerāliem.

Minerāla veidošanās ir zināma tikai eksogēno procesu iespaidā, dēdēšanas garozās noārdoties mangānu saturošiem minerāliem. Lie-lākās atradnes ir Nikopolē (Ukrainā) un Madhjadpradešā (Indijā).

Neparasts ir minerāla nosaukums. Tas pārņemts no grieķu valo-das un nozīmē "tas, kas noskalo uguni", jo sākotnēji minerāla pul-veris tika izmantots stikla kausēšanā kā piedeva stikla dzidrināšanā. Mūsdienās tā ir mangāna galvenā rūda (Mn 63,2%). Tiek iegūts, lai nodrošinātu metalurģijas vajadzības. Otra nozīmīgākā joma ir elek-trisko bateriju ražošana un ķīmiskā rūpniecība (lauksaimniecībā iz-mantojamie minerālmēsli un ķīmiskās vielas, krāsvielas būvmateriālu ražošana).

Piroluzīta ieguve pasaulē pieaug, arvien vairāk tēraudkausēšanā izmantojot metāllūžņus, un tas izteikti vērojams pēdējos 10 gadus, palielinoties gada patēriņam no 8 līdz 11 miljoniem tonnu. Zināmie piroluzīta resursi pasaulē pārsniedz 10 miljardus tonnu, no tiem ap-tuveni 80% koncentrēti Dienvidāfrikā, 10% – Ukrainā. Aprēķinātie un novērtētie krājumi 2005. gadā pasaulē (pārreķinot 74% tīrā mangāna saturā) sasniedza 5,1 miljardu tonnu, no tiem ekspluatācijā esošajās atradnēs un to grupās – 380 miljonus tonnu.

Uraninīts – UO_2 (sinonīms – pičblendīts). Agregāti kubiskas sin-gonijas plākšņveida kristāliņi, bet reti. Visbiežāk tie ir dažādu no-tecējumu, nierveida masu un zemjainu agregātu sakopojumi. Krāsa melna, svītra tumši brūna līdz melnai. Cietība 5,5–6. Blīvums 8–10 g/cm^3 . Minerāls ir stipri radioaktīvs.

Zināmas vairākas varietātes. Nasturāns jeb urāna vizliņas (nesatur izomorfus reto elementu piemaisījumus), veido dažādas konkrēci-jas, adatveida kristālu agregātu radiālas struktūras, notecējumu un nierveida formas. Hidronasturāns – amorfs melns minerāls, kas satur urānu (ar oksidācijas pakāpi IV un VI) un ūdens molekulas. Urāna dar-va – pulverveida zemjaina melna masa, cietība 1–4, blīvums mazāks par 5 g/cm^3 .

Raksturīgas iezīmes ir izteikti melna krāsa, tumši brūna svītra, nemetālisks sveķveida spīdums, augsts blīvums un radioaktīvi-tāte. Ļoti raksturīgi ir dzeltenas un oranžas krāsas apsūbējumi, gredzenveida joslas ap uraninīta minerāla graudiņiem, kas ir tā dēdēšanas produkti.

Veidojas kopā ar citiem pegmatītu minerāliem (laukšpati, ortīts, cirkons, monacīts), šādos apstākļos rodas labi izteikti kristāli. Plašāk izplatīti ir uraninīta minerālu sakopojumi hidrotermālos apstākļos veidojušos iežos, kur tas sastopams kopā ar kobalta, niķeļa, bismuta un sudraba sulfīdiem un arsenīdiem. Ir zināma uraninīta veidošanās nogulumiežos, kas bagāti ar organiskajām atliekām (visbiežāk akmeņoglēs).

Minerāls oksidācijas zonā ir ļoti nenoturīgs un veido ļoti dažādus sekundāros urāna minerālus, kurus ne sevišķi pareizi kopā sauc par urāna vizliņām.

Minerāls gandrīz vienmēr satur reto minerālu piemaisījumus, īpaši tehnēciju un rādiju, arī dzelzi, svinu un hēliju. Tā ir bagātākā un rūpnieciski gandrīz vienīgā izmantojamā urāna rūda (U saturs 50–65%), vienīgā rādija rūda.

Lielākā atradnes pasaulē ir Transpekosa un Beringerhila (Teksasā, ASV), Eliotas ezera atradnes (Kanādā), Vitvatersranda (Dienvīdāfrikā) un Olimpikdama (Austrālijā). Pēc veidošanās apstākļiem lielākās atradnes grupētas šādi – dzīslu atradnes: Jačimova (Čehijā), Šinkolobve (Kongo Demokrātiskajā Republikā); metasomatītu atradnes: Espināra (Brazīlijā), Žoltije Vodi (Ukrainā); intruzīvās atradnes: Rosinga (Namībijā), Ilimausaka (Grenlandē), Palabora (Dienvīdāfrikā), Krokettvella (Austrālijā); vulkāniskās atradnes – lielas atradnes Ķīnā, Krievijā, Kazahstānā, Meksikā; eksogēnas cilmes atradnes – ļoti lielas atradnes Austrālijā un Namībijas Centrālajā tuksnesī.

Kvarcs – SiO_2 (sinonīms – kalnu kristāls). Viens no izplatītākajiem minerāliem. Veidojas visdažādākajos minerālu rašanās procesos. Tāpēc arī sastopami trigonālas (zemas temperatūras), heksagonālas (vidēji augstas temperatūras) un kubiskas (ļoti augstas veidošanās temperatūras) singtonijas kvarca kristāli. Agregāti – blīvi un irdeni, graudaini, slēptkristāliski, garozas, kristāli (galvenokārt sešstūra dipiramidālas prizmas veidā) un to drūzas. Krāsa ļoti dažāda, atkarīga no piemaisījumiem. Visbiežāk kvarcs ir bezkrāsains, pienbalts, pelēcīgs, retāk rožains, dzeltens, violets, melns, zaļgans. Spīdums stikla, dažreiz taukains. Cietība 7 (etalons). Trausls. Skaldnības nav, izteikts gliemežņīcas laužums. Blīvums 2,5–2,8 g/cm³. Kristāliem piemīt pjezoelektriskas īpašības, laiž cauri ultravioletos starus. Kristālu lielums var būt no milimetra simtdaļām līdz 10 tonnām un vairāk.

Raksturīgs kristālu prizmas veids un prizmas skaldņu horizontālu švīkojums, augsta cietība, gliemežnīcas laužums, stikla spīdums.

Pēc nokrāsas izšķir daudz dažādu kvarca paveidu. Caurspīdīgs bezkrāsas kvarcs tiek saukts par kalnu kristālu, rožains – par rožu kvarcu, dzeltens – citrīnu, violets – ametistu, zaļš (ar katinolīta mehānisku piejaukumu) – prazemu, dzeltens vai brūngansarkans (nereti ar vizuļojošiem vizlas vai hematīta zvīņu ieslēgumiem) – avanturīnu, puscaurspīdīgs vai pienbalts – piena kvarcu, puscaurspīdīgs un pelēks vai brūngans – dūmu kvarcu jeb rauhtopāzu, melns – par morionu. Slēptkristālisku, bieži šķiedrainas uzbūves puscaurspīdīgu, bezkrāsainu, pelēcīgu vai iezilganu kvarcu sauc par halcedonu. Halcedona pelēkais, brūnganais un necaurspīdīgais paveids ar mālu un organisko vielu daļiņu piejaukumu tiek saukts par kramu. Dzeltenu, brūngani dzeltenu, sarkanu vai oranžu halcedonu sauc par serdoliku. Zaļš, sarkani plankumains vai lāsains tiek saukts par heliotropu, atsevišķās joslās dažādās krāsās nokrāsots – par ahātu vai oniksu (dzeltenos un brūnos toņos). Joslās kārtots krāsains halcedons ar lielu citu iežu un materiālu piejaukumu tiek saukts par jašmu (jaspis). Arī citām retas krāsas halcedoniem ir savi nosaukumi, piemēram, ābeļzaļus sauc par hrizoprāziem utt. Patlaban zināmo kvarca paveidu nosaukumu skaits jau sen pārsniedz simtu, bet lielākā to daļa tiek lietoti tikai kādā noteiktā reģionā un nav plašāk pazīstami.

Arī kristālu dažādiem dvīņiem un saaugumiem ir savi nosaukumi. Jaunākas ģenerācijas kvarca veidošanos uz jau esošas kvarca prizmas sauc par scepterveida kristāliem, saaugumus zem taisna leņķa – par “japāņu dvīņu kristāliem”.

Kvarcu izmanto ļoti daudzveidīgi – juvelierizstrādājumiem, metalurģijā, optiskajā rūpniecībā, precīzo aparātu būvē, elektrotehnikā, laboratorijas trauku ražošanā, keramikā, būvmateriālu rūpniecībā utt.

Kvarca atradnes, tostarp kvarca smilšu atradnes, ir zināmas visos kontinentos, pat Antarktīdā. Tomēr mūsdienās tas tiek iegūts tikai īpašām vajadzībām – kristālstikla vai pusdārgakmeņu ieguvei. Visvairāk kvarca ir Dienvidurālos (Krievijā), Indijā, Brazīlijā, Madagaskarā, Šrilankā un Kongo Demokrātiskajā Republikā.

Precīzai elektroniskajai rūpniecībai ik gadu tiek iegūts aptuveni 120–130 tonnu noteiktas kvalitātes kvarca lausku (cena par tonnu – no 133 tūkstošiem līdz 1,3 miljoniem ASV dolāru).

Kvarca kristālus mākslīgi sintezē jau gandrīz pusgadsimtu. Dažas jaunveidotas monoklīnas un tetragonālas singonijas ļoti blīvas ($2,93\text{--}4,35\text{ g/cm}^3$) formas (koesīts, stišovīts) nesnāg atrastas arī dabiskos apstākļos meteorītu krāteros.

4.4.2. Saliktie oksīdi

Ģeoloģijā tos visbiežāk sauc par kompleksajiem oksīdiem, jo atsevišķie minerālu veidojošie oksīdi dabā ir sastopami atšķirīgās proporcijās un tas būtiski ietekmē minerāla īpašības, bet, tām mainoties, tiek noteikti jauni minerāli. Senāk komplekso oksīdu grupa tika izdalīta kā atsevišķa minerālu klase, un tajā minerāli tika kārtoti rindās pēc dominējošā ķīmiskā sastāva (valdošā oksīda). Ieviešot precīzākas ķīmiskās analīzes minerālu noteikšanā, kļuva iespējams noteikt ne tikai kopējo ķīmisko sastāvu, bet arī nodalīt kompleksus veidojošos atsevišķos oksīdus konkrētajā minerālā. Līdz ar to ļoti daudzi iepriekš noteikti un atzīti minerāli zaudēja savus nosaukumus un kļuva par kādu plašāk izplatītu minerālu varietātēm. Mūsdienās šo minerālu grupu pareizāk ir saukt par saliktajiem oksīdiem, un ķīmiskā sastāva ziņā tie pieder pie jauktajiem oksīdiem vai dubultoksidēm.

Špinelis – MgAl_2O_4 . Tā ir mainīga sastāva minerālu grupa, kurā magnijs var tikt aizvietots ar cinku, dzelzi (II vai III), bet alumīnijs – ar trīsvērtīgiem dzelzs, mangāna vai hroma joniem. Tāpēc nereti tos visus kopā sauc par špinelīdu grupas minerāliem, ja minerāla ķīmiskais sastāvs nav precīzi noteikts. Špinelīdu grupā ietilpst arī magnetīts, magnomagnetīts un hromīts.

Tīra špineļa agregāti ir kubiskas singonijas oktaedriskas formas kristāliņi, retāk tās ir citas formas, veidojot sīkus graudiņus iežu masā vai nelielas drūzas. Mineraloģijā formu saaugšanu pa vienu oktaedra skaldni bieži sauc par špineļa likumu – pēc ļoti izteiktās parādības tieši šim minerālim.

Krāsa zila, gaišzila, rozā, sārta, sarkana, zaļa, brūna līdz pat melnai. Spīdums stiklains, cietība 8. Blīvums $3,6\text{ g/cm}^3$. Izplatītākās varietātes – hercinīts (melnā krāsā) un pleonasts (tumši brūnā vai melnā krāsā).

Atšķirīgās iezīmes ir ļoti labi izteiktās izometriskās kristālu formas, stikla spīdums, augsta cietība un relatīvi zems blīvums.

Veidojas gandrīz tikai kontakta metasomatiskos procesos, magmatiskam materiālam kontaktējot ar karbonātu iežiem. Šādos apstākļos špineļa veidošanās notiek marmorizētos kaļķakmeņos kopā ar magnetītu, granātu, flogopītu, piroksēniem un skapolītu. Daudz retāk sastopams kristāliskos slānekļos, gneisos un pat ultrabāziskos iežos.

Caurspīdīgas špineļa varietātes ir dārgakmeņi. Lielākās atradnes ir saistītas ar flogopītu un tā rūpniecisku ieguvu. Sjudjankā, Dienvidpiebaikālā Krievijā, iegūst gaišzilu špineli, Aldānas vairoga teritorijā Krievijā – melno špineli, Pamirā – sarkano špineli, sarkano un rozā špineli iegūst Ziemeļbirmā, ļoti augstas kvalitātes sarkano špineli – kliepnēs Šrilankā un Taizemē.

Magnetīts – FeFe_2O_4 (sinonīms – magnētiskā dzelzsrūda jeb magnēta dzelzs). Agregāti ir kubiskas singonijas labi veidoti oktaedriski kristāliņi un to drūzas, retāk – viendabīga masa, graudaini agregāti. Krāsa dzelzs melna, dažreiz uz kristālu skaldnēm zilās irizācijas krāsas. Necaurspīdīgs. Svītra melna. Spīdums pusmetālisks līdz metāliskam. Cietība 5,5–6,0. Trausls, skaldnības nav. Blīvums $5,0\text{--}5,2\text{ g/cm}^3$. Stipri magnētisks.

Zināmas vairākas varietātes: titanomagnetīts, kas atšķiras ar augstu titāna un vanādija saturu; magnomagnetīts – atšķiras ar magnija nozīmīgu klātbūtni, kas pazemina cietību un piešķir melnu krāsu svītrai. Mazāk izplatītas ir citas magnetīta varietātes: alumīnija magnetīts, lodestonīts, titāndzelzs magnetīts, hidromagnetīts, magnija titanomagnetīts, iškulīts, mušketovīts.

Raksturīga kristālu melnā krāsa, forma, cietība un izteiktās magnētisma īpašības.

Veidojas visdažādākajos apstākļos, galvenokārt metamorfiskos procesos. Magnetīts ļoti pakāpeniski dēdē Zemes virspusē. Sākumā tas pārvēršas martītā (hematīta pseidomorfoze pēc magnetīta), tad – dažādos dzelzs hidroksīdos, tālāk, mehāniski drūpot, smiltīs veido sīkus melnus graudiņus.

Lielākās ir vēsturiski sen zināmās atradnes Krievijā, Urālos (Kačkanaras, Gusevogorskas, Kusinskas, Nižņijtagilas un Pervouraļskas

atradnes), Zviedrijā (Karuna un Hellivara), Azerbaidžānā (Daškesana) un Gruzijā (Taštagola un Abakana). Ļoti lielas atradnes ir arī Indijā, ASV (Augšezera apkārtnē un Labradorā) un Brazīlijā.

Izmanto kā vienu no galvenajām dzelzsrūdām, bet tā ieguve samazinās samērā augsto ekspluatācijas izmaksu dēļ, tirgū ienākot arvien lielākam pārstrādājamo metāllūžņu daudzumam.

Hromīts – FeCr_2O_4 (sinonīms – hroma dzelzsrūda). Agregāti reti kubiskas sīngonijas kristāli, bet parasti tikai ļoti masīvi veidojumi, graudaini agregāti. Krāsa melna, svītra brūna, tumši brūna. Spīdums pusmetālisks, cietība 5,5–7,5. Blīvums 4,5–4,8 g/cm^3 . Ja satur daudz dzelzs piemaisījumu, ir magnētisks. Samērā daudz varietāšu atkarībā no titāna, alumīnija vai dzelzs piemaisījumiem – alumīnija hromīts, hromferīts, alumoberezovīts, berezovskīts, titāna hromīts un citas.

Raksturīgas pazīmes – melna krāsa, brūna svītra, svarīgas ir minerālu asociācijas, nereti viegli magnētisks iezī. Ļoti raksturīgs ir hromīta melno graudu izklaidus kārtojums gaiši dzeltenā serpentīnīta masā (“leoparda ādas” kārtojums).

Veidojas tikai magmatiskos apstākļos ultrabāziskā vidē. Sastopams atsevišķu graudu, josliņu vai slāņu un masīvu bloku veidā duņītos, peridotītos un serpentīnītos. Vienmēr ir kopā ar minerāliem serpentīnu, olivīnu, magnetītu, uvarovītu, hroma hlorītu un tīrradņu platīnu.

Lielākās atradnes ir Ziemeļurālos Krievijā (Saranovas), Dienvidurālos (Donas atradņu grupa), Aktjubinskas apgabalā (Almaz Žemčužina) un Kazahstānā (Miļļionnoje, 20 let Kazahskoi SSR). Lielas atradnes ir Dienvidāfrikā (koncentrēti līdz 70% no pasaulē zināmajiem hromīta resursiem), Zimbabvē, Turcijā, Indijā, Filipīnās un ASV (Stilvateras atradņu kompleks Montānā).

Hromīts ir vienīgā hroma rūda (Cr_2O_3 68%) pasaulē, un tai ir ļoti liela saimnieciska nozīme metalurģijā – to izmanto, lai uzlabotu sakausējumu kvalitāti, un kā ugunsdrošu materiālu krāšņu oderēšanai.

Pasaulē apzinātie hromīta resursi pārsniedz 12 miljardus tonnu, no tiem izpētīti un novērtēti ir 1,8 miljardi tonnu (2005. gadā). Ekspluatācijā esošajās atradnes kopā ir 0,81 miljards tonnu. Tas ir ļoti augsts nodrošinājums, jo gada patēriņš ir 15,5–17 miljoni tonnu.

Ilmenīts – FeTiO_3 (sinonīms – titāna dzelzsrūda). Trigonālas singtonijas bieži plākšņuveida kristāli, retāk nepareizas formas kristāliņu neregulārs izvietojums iežu masā. Krāsa dzelzs melna, svītra melna vai brūngana. Spīdums metālisks vai pusmetālisks. Gliemežnīcas lauzums. Cietība 5,5–6. Blīvums $4,7 \text{ g/cm}^3$. Minerāls ir viegli magnētisks.

Atšķirīgās īpašības – no magnetīta atšķiras ar vājām magnētiskām īpašībām, no hematīta – ar melno svītru, no hromīta – pēc kristālu un minerālo veidojumu formas.

Veidojas tikai magmatiskos apstākļos tiešā bāzisko iežu tuvumā, vai tajos veidojot dzīslas, pegmatītus vai sīkus graudu ieslēgumus. Sastopams kopā ar rutilu, sfenu, magnetītu, laukšpatiem, vanādija špineli un biotītu. Oksidācijas zonā ir ļoti noturīgs un bieži veido kļiednes.

Lielākās atradnes pasaulē ir Austrālijā – Koburnas, Duglasas, Lodlovas, Pūnskarijas, Mindarijas un Vemenas atradnes; Kanādā – Athabaskas naftas smiltis, Truro; Madagaskarā – Fortdaufinas atradne; Mozambikā – Koridorsands, Moebase, Moma; Indijā – Tamilnadu atradne; Kenijā – Kvāles atradne; Dienvidāfrikā – Ksolobeni atradne; Krievijā – Samotkanas kļiednes Dņeporopetrovskas apgabālā un Zejas upes baseinā Austrumsibīrijā.

Ilmenīts ir galvenā rūda titāna iegūšanai (pasaulē 90% titāna iegūst no ilmenīta), kuru visvairāk izmanto metāliskā titāna, ferotitāna un leģētu tērauda šķirņu ražošanai, kā arī daudzās valstīs baltās titāna krāsas ražošanai. Eiropas Savienībā titāna oksīds un titāna krāsas ir aizliegts produkts, tas atļauts tikai ierobežotā daudzumā medicīnas un citām vajadzībām.

Pasaulē ik gadu iegūst aptuveni 5,2–5,3 miljonus tonnu ilmenīta (pārrēķinot uz 100% TiO_2). Apzināti 2 miljardi tonnu ilmenīta resursu. Aprēķinātie un novērtētie krājumi 2005. gadā sasniedza 1,3 miljardus tonnu, no tiem ekspluatācijā esošajās atradnēs – 0,66 miljardus tonnu. Lielākās piegādātājas pasaules tirgum ir Dienvidāfrika (24%) un Austrālija (23%), daudz mazāk piegādā Kanāda, Ķīna, Norvēģija un ASV.

Kolumbīts – $(\text{Fe, Mn})(\text{Nb, Ta})_2\text{O}_6$ – un **tantalīts** – $(\text{Fe, Mn})(\text{Ta, Nb})_2\text{O}_6$. Abi minerāli veido vienotu izomorfu rindu, un nosaukumu

veido, nosakot pamata elementu proporcijas. Agregāti ir rombiskas singonijas plāksnītes līdz pat vizlai līdzīgām zvīņām. Minerāla krāsa melna, svītra tumši sarkana līdz melnai. Spīdums metāla, lauzums nelīdzens. Trausls. Cietība 6. Blīvums 5,3–8,0 g/cm³.

Atšķiras ar melno krāsu, sarkanīgu svītru, augstu blīvumu un raksturīgām pegmatītu minerālu asociācijām.

Veidojas retzemju asociācijās tikai pegmatītos, kur aktīvi attīstīti iežu greizenizācijas un albitizācijas procesi. Atrodams visbiežāk kopā ar albītu.

Sastopams kopā ar plākšņveida vai cukurveida albītu, mikroklīnu, lepidolītu, kvarcu, muskovītu, spodumenu, melnu un daudzkrāsu turmalīnu, berilu, kasiterītu, mangāna un dzelzs fosfātiem.

Abi minerāli ir svarīgākās tantāla un niobija rūdas. Lielākās atradnes ir Nazereno (Brazīlijā), Abu-Dababa (Apvienotajos Arābu Emirātos), arī Nigērijā. Pasaulē gadā iegūst aptuveni 32–33 tūkstošus tonnu šo ķīmisko elementu (pārrēķinot niobija oksīdā). Aprēķinātie un novērtētie šo minerālu krājumi pasaulē (2005. gadā) noteikti 5,2 miljardu tonnu, krājumi ekspluatācijā esošajās atradnēs – 4,4 miljardu tonnu apjomā. Pasaules tirgū dominē Brazīlija (88,4%) un Kanāda (10,1%).

Pirohlors – $(\text{Na,Ca})_2 \cdot \text{Nb}_2\text{O}_6 \cdot (\text{OH,F})$ – un **mikrolīts** – $(\text{Na,Ca})_2 \cdot \text{Ta}_2\text{O}_6 \cdot (\text{OH,F})$ – ir minerālu izomorfās rindas galējie posmi. Dabā dominē dažāda sastāva šīs rindas minerāli. Visiem deviņiem (pēc citu pētnieku domām, šajā rindā ir 15 minerāli) šīs rindas minerāliem ir raksturīgi kubiskas formas oktaedriski kristāliņi, visbiežāk kā ieslēgumi iežu masā.

Pirohlora krāsa ir brūna līdz melnai, mikrolīta – no gaiši dzeltenas līdz brūnai. Spīdums stikla līdz dimanta. Cietība 5–5,5. Blīvums 4,2–6,4 g/cm³. Mikrolīts visbiežāk ir sastopams sīku oktaedrisku kristāliņu veidā, dabā tas ir atrodams daudz retāk.

Atšķirīgās iezīmes ir kristālu forma, izteiktais spīdums, krāsa un minerālu paraģenēze. Pirohlors ir vāji radioaktīvs.

Abi minerāli ir tipiski pegmatītu minerāli. Pirohlors ir asociācijās ar mikroklīnu, cirkonu, ilmenītu, egirīnu, titanītu un magnetītu. Tipiska mikrolīta asociācija ir albīts, spodumens, rubelīts un lepidolīts. Pēdējos

gados vislielākie šo minerālu atradumi ir zināmi retzemju karbonatītos, augstas temperatūras hidrotermām iedarbojoties uz bāziskiem iežiem (vairākas atradnes Austrumsibīrijas dienvidos Krievijā).

Potenciāli var būt noteikta nozīme saimnieciskajā dzīvē (urāna, niobija un tantala rūda), ja vien tiktu atrasti šo minerālu lieli sakopojumi.

Volframīts – $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{WO}_4$. Kā izomorfās minerālu ķēdes galējie posmi – minerāli **ferberīts** – FeWO_4 – un **gibnerīts** – MnWO_4 (nepareizs sinonīms visai minerālu grupai – tengstenīti). Nereti šos minerālus izskata atsevišķā grupā kā volframātus, tomēr pēc savas kristāliskās struktūras un fizikālajām īpašībām pareizāk ir tos apskatīt oksīdu grupā, kur tos vieglāk raksturot pēc šo minerālu makroskopiskai diagnostikai svarīgām īpašībām un atšķirībām.

Agregāti ir monoklīnas singonijas plāksnītes. Krāsa melna (ferberītam) līdz tumši brūnai (volframītam) un sarkanbrūnai (gibnerītam). Svītra tumši brūna, gandrīz melna dzelzi saturošām varietātēm līdz pat sarkanbrūnai gibnerītam. Spīdums nemetālisks līdz stikla uz skaldnēm. Skaldnība izteikta vienā virzienā. Cietība 4–4,5. Blīvums $7,5 \text{ g/cm}^3$.

Atšķirīgās iezīmes ir ļoti augstais blīvums, plākšņveida biezi kristāli, izteikta skaldnība tikai vienā virzienā un sarkanīgi brūna un brūna kristāla krāsa, svarīga pazīme ir minerālu paraģenēze.

Veidojas augstas temperatūras hidrotermālos apstākļos un ir sastopami kvarca dzīslās kopā ar kasiterītu, molibdenītu, bismutīnu, arsenopirītu, halkopirītu un citiem sulfīdiem. Retāk šie volframa minerāli ir greizenos kopā ar topāzu un kasiterītu.

Visi trīs minerāli ir svarīgākā volframa rūda (WO_3 līdz 76%), un tās vērtība pieaug, palielinoties vajadzībām pēc īpaši augstas kvalitātes metāla kausējumiem, ķīmiski noturīgu elektrodu un gaismas spuldzes kvēldiegu ražošanā. Gadā iegūst 60–62 tūkstošus tonnu volframa rūdas (pārrēķinot uz 1 tonnu volframa trioksīda koncentrāta, kas satur 7,93 kg ķīmiski tīra volframa). Kopējie minerālu resursi nav noteikti, bet tiek vērtēti vairāk nekā 10 miljonu tonnu apjomā, no tiem ir aprēķināti un novērtēti 6,2 miljoni tonnu minerālu. Eksploatācijā esošajās 65 atradnēs pasaulē ir pieejami krājumi 2,9 miljonu tonnu apjomā (2006. gada sākumā).

Lielākie volframīta resursi ir koncentrēti Kanādā (Redrozas un Dublingučas atradņu kompleksi), Kazahstānā, Krievijā un ASV (Nevadas un Kolorādo pavalstīs). Pasaules tirgū dominē Ķīna (88% no ieguves pasaulē 2005. gadā) un Krievija (2%). Lielākās ir Juņņāņas jeb Jaogangksiaņņas un Kvatnuņņas atradnes Dienvidķīnā, Akčetavas, Karaobinskas un Boguti atradnes Kazahstānā, kā arī Džidinskas (Burjati-jā), Bukukinskas un Beluhinskas atradnes (Čitas apgabalā Krievijā).

4.4.3. Hidroksīdi

Gibsīts – $\text{Al}(\text{OH})_3$ (sinonīms – hidrargilīts). Agregāti ir monoklīnas singonijas plāksnīšveida kristāliņi, tomēr visbiežāk ir zemjainā masā, notecējumu formas. Krāsa balta, pelēcīgi balta. Skaldnība pilnīga. Spīdums uz kristāla skaldnēm perlamutra. Cietība 2,5–3,5. Blīvums 2,35–2,43 g/cm^3 .

Atšķiras no ļoti līdzīgā diaspora tikai pēc cietības. Boksītu mālainajā daļā tie gandrīz ir vienīgie labi pazīstamie caurspīdīgie kristāliņi.

Veidojas eksogēnos apstākļos alumosilikātu dēdēšanas garozās. Sastopams boksītos.

Diaspors – $\text{AlO}(\text{OH})$ jeb HALO_2 . Tie ir rombiskas singonijas plākšņveida vai iegareni kristāliņi, lapveida vai pat zvīņaini agregāti. Krāsa brūna līdz gaiši pelēkai. Skaldnība pilnīga. Spīdums dimanta, uz skaldnēm var būt perlamutra. Cietība 6,5–7. Blīvums 3,4 g/cm^3 . Ļoti trausls.

Var noteikt pēc izteiktās skaldnības, spīduma, plāksnīšveida agregātiem un augstas cietības. Karsējot plaisā un izdala ūdeni.

Veidojas kontakta metamorfisma procesā ar korundu. Visvairāk izplatīts eksogēnos apstākļos veidojies boksītu un mālu atradnēs. Vienīgā vieta pasaulē, kur zināmi ļoti lieli diaspora lapveida kristāli, ir abrazīvo materiālu atradnē Kosojbrodā Urālos (Krievijā).

Bemīts – $\text{AlO}(\text{OH})$. Patiesībā tā ir diaspora polimorfa forma, un to nošķirt var tikai rentgenstruktūras analīzē.

Makroskopiski var atšķirt tikai pēc zemākas cietības – 3,5–4. Blīvums 3,019 g/cm^3 . Tā ir izteikta atšķirīgā iezīme.

Boksīts ir trīs minerālu – diaspora – HAlO_2 , bemīta – $\text{AlO}(\text{OH})$ – un hidrargilīta – $\text{Al}(\text{OH})_3$ – un dzelzs oksīdu un hidroksīdu mehānisks maisījums. Satur daudz citu minerālu piemaisījumu, sastāvs ļoti mainīgs. Veidojas dēdēšanas un sedimentācijas procesos. Agregāti – blīva cieta, bieži plastiska, māliem līdzīga masa, nereti veido oolītus. Krāsa boksītiem ar nelielu piemaisījumu ir balta vai rožaina, dzelzs oksīdi tos nokrāso sarkanbrūnus, bieži ar okera dzelteniem plankumiem. Atsevišķu minerālu cietība ir ļoti grūti nosakāma, parasti tā ir 4,5–7. Blīvums 2,5–3,4 g/cm³. Minerālu kristāliņi ir trausli

No māliem atšķiras ar to, ka vāji izmirkst ūdenī. Aptaustot virsmā šķiet sausa, asa.

Lielākās atradnes ar derīgā slāņa biezumu līdz 40 metriem ir Kairību jūras salās, Dienvidamerikā, Austrālijā un Rietumāfrikā, arī Krievijā un Indijā.

Izmanto kā galveno alumīnija rūdu, arī būvmateriālu un ķīmisko preču ražošanā. Pasaulē alumīnija ieguve nedaudz pieaug, un pēdējos gados tā sasniedz 28–29 miljonus tonnu. Lielākās eksportētājvalstis ir Ķīna (21%), Krievija (12%), Kanāda (9%) un ASV (8%). Zināmie alumīnija rūdu resursi tiek vērtēti 3–5 miljardu tonnu apjomā

Gētīts – $\text{FeO}(\text{OH})$. (Nepareizi lietots sinonīms – getīts.) Agregāti rombiskas singonijas sīkgraudainas adatiņas un plāksnītes, tomēr visbiežāk tā ir blīva, stalaktīveida masa un zemjaini agregāti. Krāsa dažādu nokrāsu tumši brūna līdz dzeltenībrūnai. Svītra iedzelteni brūna. Kristāliem spīdums dimanta, šķiedrveida agregātiem – zīdains. Cietība 4,5–5,5. Blīvums 3,3–4,4 g/cm³.

Nosaka pēc agregātu formas, it īpaši raksturīgām notecējumu formām ar gludu un spīdīgu virsmu. No hematīta viegli atšķirams pēc krāsas un svītras krāsas, no citiem dzelzs hidroksīdiem – pēc cietības un blīvuma. Nav magnētisks.

Visbiežāk veidojas eksogēnos procesos biogēnā un ķīmiskā sedimentācijā, ļoti bieži dēdēšanas garozā tieši pārveidojoties pirītam, arsenopirītam, siderītam, magnetītam un citiem dzelzi saturošiem minerāliem. Gētīts ir viens no limonītu veidojošajiem minerāliem.

Lepidokrokoīts – $\text{FeO}(\text{OH})$. Rombiskas singonijas zvīņveida agregātu minerāls. Ļoti grūti atšķirams no gētīta, jo arī visbiežāk ir

sastopams viendabīgas masas un zemjainu agregātu formā. Krāsa ir sarkana līdz dzeltenai. Svītra oranža. Cietība 4–5. Blīvums 4 g/cm³.

Minerālam ir daudz (42) reģistrētu vietējo sinonīmu un divas variētātes (alumogētīts un erenvertīts). Gētīts veidojas līdzīgos apstākļos un arī ir viens no limonītu veidojošajiem minerāliem.

No gētīta ir atšķirams ar agregātiem – tas neveido notecējumu formas, nav šķiedrveida agregātu. Svītras krāsa gētītam ir brūna, dzeltenbrūna, bet ne oranža.

Limonīts – $\text{HFeO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ – ir minerāla gētīta un ūdens cietais šķīdums (sinonīms – hidrogētīts, brūnais dzelzsakmens). Agregāti parasti satecējuma formu veidā – garozas, stalaktīti u. c., bieži arī blīva vai irdena poraina, kavernoza slēptkristāliska masa, oolīti, ļoti reti izstieptas prizmas vai adatveida kristāli. Krāsa tumšbrūna līdz melnai. Limonītam sadēdot un pārejot pulverveida stāvoklī, krāsa kļūst dzeltena. Svītra dzeltenbrūna. Cietība 1–5. Blīvums 2,7–4,2 g/cm³.

Raksturīgi uz blīviem minerāliem vienmēr redzami dzeltenie pulverveida limonīta (okera) traipi un plankumi, kas smērē rokas. Ļoti bieži sastopams zemjainas masas veidā ar samērā lielu mehānisko daļiņu (māli, silikāti) piejaukumu.

Izšķir vairākus paveidus: brūnās stikla galvas (tumši brūni masīvi veidojumi ar gludu virsmu), purvu vai ezeru pupu (zirņu) rūda (brūnu nokrāsu oolīti).

Veidojas galvenokārt dēdēšanas un sedimentācijas procesos. Iz-manto kā zemas kvalitātes dzelzsrūdu, okeru krāsu rūpniecībā un kā sorbentu ķīmiskajā rūpniecībā.

Ar vārdu “limonīts” ļoti bieži apzīmē iezī, tāpēc vajadzētu nošķirt, kas tiek pētīts – iezis vai minerāls, jo iezī noteikšanai tiek izmantotas citas pazīmes, un minerālu klātbūtne ir tikai viena no daudzajām.

Lielākās limonīta atradnes ir Lotringijā (Francijā), Luksemburgā, Kubā, Krievijā (Bakalas atradne Urālos, Ļipeckas, Tulas un Hopera atradnes), Ukrainā (Kerča), Gruzijā (Malkinas atradne) un Kazahstānā (Ajatskas un Lisakovskas atradnes).

Manganīts – $\text{MnO}(\text{OH})$. Agregāti monoklīnas singonijas prizmatiski vertikāli šķīkoti kristāliņi, nereti veido drūzas. Bieži sastopams

notecējumu un zemjainu agregātu formā. Krāsa melna. Svītra brūna. Spīdums metālisks. Cietība 3–4. Blīvums $4,3 \text{ g/cm}^3$.

Nosaka pēc melnās krāsas, prizmatiskiem kristāliem, cietības un brūnas svītras. Tieši svītra ir svarīgākā atšķirība no piroluzīta.

Veidojas zemas temperatūras hidrotermālos apstākļos un ir sastopams dzīslās kopā ar barītu, kalcītu un siderītu. Var veidoties arī eksogēnos apstākļos mangāna rūdu atradnēs kopā ar piroluzītu.

Manganīts ir svarīgs mangāna rūdu minerāls, to iegūst kopā ar citiem mangānu saturošiem minerāliem.

Psilomelāns – $m\text{MnO} \cdot n\text{MnO}_2 \cdot p\text{H}_2\text{O}$. Nereti satur arī citus elementus (dzelzi, bāriju, kalciju un citus). Agregāti ļoti reti ir rombiskas singonijas kristāliņi. Visbiežāk viendabīga masa, veido nierveida un notecējumu formas, arī oolītus un dendrīdus. Krāsa melna, svītras krāsa brūni melna, tumša. Spīdums pusmetālisks. Cietība 4–6. Blīvums $4\text{--}4,7 \text{ g/cm}^3$.

Plaši izplatītas divas varietātes – vads (irdeni, zemjaini agregāti ar zemu cietību) un asbolāns (ar nozīmīgu kobalta piemaisījumu, vizuāli nav atšķirams no psilomelāna).

Minerālu noteikt ir ļoti grūti, jo maz atšķiras no citiem mangāna oksīdu minerāliem. Atšķirīgā iezīme ir cietība. No dzelzs hidroksīdu minerāliem ir atšķirams ar melnu svītru.

Veidojas tikai eksogēnos procesos, dēdējot mangānu saturošiem minerāliem un ķīmiski izgulsnējoties. Sastopams visās mangāna atradnēs atsevišķu slāņu vai lēcu veidā kopā ar piroluzītu, manganītu, rodohrozītu, limonītu, kalcītu un citiem minerāliem.

Opāls – $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Parasti satur 3–9% ūdens. Amorfs minerāls. Agregāti blīvi, bieži poraini, veido stiklveida garozas un citas satecējuma formas. Krāsa – tīri paveidi bezkrāsaini, bet piemaisījumi var opālu iekrāsot pelēkā, dzeltenā, brūnā, sarkanā, zaļā un melnā tonī. Spīdums stiklains, porainiem opāla agregātiem bieži matēts. Lauzums gliemežņīcas. Cietība 5–5,5–6,5 (reti). Blīvums $1,9\text{--}2,5 \text{ g/cm}^3$, atkarīgs no ūdens satura minerālā. Opāla dažādības dēļ oficiāli ir reģistrēti 32 tā sinonīmi un apstiprinātas 43 minerāla varietātes.

Raksturīgs ir daļējs minerāla caurspīdīgums ar krāsu spēli, ko sauc par opalescenci. Īpaši raksturīga tā ir zilganām un sārtām varietātēm,

kas šādu opālu padara par pusdārgakmeni (sinonīms – varavīksmes opāls). To tradicionāli iedala pusdārgakmeņa 16 paveidos atkarībā no krāsas, un katrai no tām ir raksturīgs savs interesentu loks.

Atšķirīgās iezīmes ir stikla vai vaska spīdums, gliemežnīcas lūzums. No halcedona atšķiras ar mazāku blīvumu un cietību, arī trauslumu. Mēģenē karsējot, opāls izdala ūdeni.

Veidojas galvenokārt sedimentācijas un dēdēšanas procesos, retāk hidrotermālos apstākļos, ļoti raksturīgi opāla mandeļveida ieslēgumi efuzīvos iežos. Tomēr pat lielākā opāla masa veidojas biogēnā ceļā, atmirstot mikroorganismiem un veidojot trepelu un diatomītu.

Lielākās opāla pusdārgakmeņu atradnes ir Austrālijas dienvidaustrumos, Ungārijā, Čehijā, diatomīta atradnes – Gruzijā, trepela atradnes – Krievijā (Pievolgā un Kurskas apgabalā).

Izmanto juvelierizstrādājumu izgatavošanai, abrazīvu, keramiskajā un būvmateriālu (izolācijas materiālu) rūpniecībā.

4.5. Karbonātu un borātu klase

Karbonātu klasi veido trīs apakšklases – karbonāti, kā arī nitrāti un borāti, kas tiek raksturoti atsevišķi. Lai arī šo minerālu īpašības ir atšķirīgas, tomēr pietiekamas ķīmiskā sastāva un fizikālo īpašību ziņā, lai šos minerālus klasificētu vienā kopējā karbonātu klasē, kas patlaban aptver 365 minerālus.

Karbonātu apakšklases minerāli ir galvenokārt kalcija, magnija, vara, nātrijs, dzelzs un citu metālu ogļskābes sāļi. Lielākā daļa karbonātu minerālu ir stabili metālu (II) savienojumi, mazāk stabili dabā ir metālu (I) savienojumi ar tiem raksturīgo noslieci hidratēties. Metālu (III) karbonātu ir ļoti daudz, un tie ir retzemju elementu minerāli ar gandrīz obligātu F^- piesaisti kristāliskajā režģī. Alumīnija (III) karbonātu struktūra ir samērā nenoteikta, kur tas vienmēr veido dubultsāli kopā ar vara (II) un svina (II) savienojumiem. Karbonātus neveido metāli (IV un V), urāns (VI) veido tikai vienu retu karbonātu minerālu – ruterfordītu – $UO_2(CO_3)$ – rombiskas singonijas ļoti stipri radioaktīvu minerālu.

Karbonātu minerāliem ir raksturīga neliela cietība (visbiežāk 3–4,5) un zems blīvums (izņemot svina, bārija un cinka karbonātus),

parasti gaiša vai gaiši pelēka krāsa, nekad nav metāliska spīduma. Lielākā daļa karbonātu pēc to kristāliskās formas pieder pie trigonālas singonijas (kalcīta rinda) vai rombiskas singonijas (aragonīta rinda). Karbonātu minerāli vienmēr reaģē ar sālsskābi, izdalot ogļskābo gāzi. Minerālus var atšķirt pēc tā, cik viegli šī reakcija notiek. Vairākiem karbonātiem ir liela nozīme kā svarīgiem kardināliem minerāliem, ar tiem nereti ir saistītas metālu un nemetālu rūdu atradnes.

4.5.1. | Vienkāršie bezūdens trigonālas singonijas karbonāti

Šo grupu veido vairāki desmiti minerālu, no kuriem pazīstamākie ir kalcīts, magnēzīts, dolomīts, siderīts, rodohrozīts un smitsonīts. Tiem visiem ir raksturīgi romboedriskas formas kristāli un ļoti laba skaldnība, balta svītra un stiklains spīdums. Cietība 3–4.

Kalcīts – CaCO_3 (sinonīms – kaļķu špats). Var saturēt piemaisījumu veidā Fe un Mn (līdz 8%), Zn un Sr (līdz 2%) u. c. Kristālu forma ir visai daudzveidīga, raksturīgākās ir romboedri un skalenoedri. Veido visbiežāk graudainu, bieži slēptkristālisku blīvu vai porainu, arī irdenu masu, nereti arī drūzas un žeodas. Nereti sastopams satēcējuma formas garozu, stalaktītu un stalagmītu veidā. Krāsa visbiežāk balta, ar pelēcīgu, dzeltenīgu, rožainu nokrāsu. Tie var būt puscaurspīdīgi, bieži arī caurspīdīgi un bezkrāsas. Spīdums stikla, cietība 3. Skaldnība laba, blīvums $2,7 \text{ g/cm}^3$. Kalcīts ir ūdenī vāji šķīstošs minerāls.

Raksturīga intensīva reakcija ar aukstu 10% sālsskābes šķīdumu un ļoti liela gaismas dubultlaušanas spēja (attēls, to apskatot caur kalcīta plāksnīti, dubultojušas), kristālu forma, izteikta skaldnība. Minerāla pulverīti karsējot mēģenē kopā ar kobalta nitrātu, tas nemaina krāsu – tā ir atšķirības pamatpazīme no aragonīta.

Zināmi vairāki paveidi – caurspīdīgs bezkrāsas kalcīts (Īslandes špats jeb optiskais kalcīts) un metamorfizēts kalcīta iezis, ko sauc par marmoru. Eksogēnos apstākļos no avotiem izgulsnējies no kalcīta veidots iezis tiek saukts par kaļķu tufu, tā metamorfizēta varietāte – par travertīnu.

Veidojas sedimentācijas, dēdēšanas, metamorfisma un hidrotermālos procesos. Ir ļoti nozīmīgs petrogēns minerāls.

Izmanto būvmateriālu ražošanā un kā dekoratīvu materiālu celtniecībā, tēlniecībā, metalurģijā un citur, Īslandes špatu – arī optisko instrumentu ražošanā.

Pazīstamākās optiskas kvalitātes kalcīts zināms Īslandē (aizpilda tukšumus bazaltā) un Krievijā (atradņu grupa Lejas Tunguskā). Lielākās marmora atradnes ir Itālijā, Gruzijā, Spānijā, Vidusāzijas valstīs un citur.

Magnezīts – $MgCO_3$ (sinonīms – magnija špats). Nereti satur dzelzs, mangāna un kalcija izomorfos piemaisījumus. Visbiežāk sastopams trigonālas singonijas romboedrisku kristālu veidotas kristāliskas masas, graudainu agregātu un porcelānveida masīvu, slēptkristāliskas masas veidā. Krāsa balta, cietība 3,5–4,5. Trausls. Blīvums 2,9–3,1 g/cm³. Skaldnība izteikta, sīkkristāliskai masai piemīt gliemežveida laužums.

Atšķirības pazīmes: balta masīva varietāte ir kramam līdzīga, bet atšķiras ar zemāku cietību. Agregāti nereti ir rupjkristāliski, bet no citiem minerāliem atšķiras ar to, ka nereaģē ar sālsskābi bez papildu karsēšanas. Karsējot ar pūšamo caurulīti, saspīlē, liecīmu nekrāso.

Veidojas atšķirīgos apstākļos, bet visplašāk izplatīti metasomatiskos procesos veidojušies magnezītu agregāti (magniju saturošām hidrotermām iedarbojoties uz kaļķakmeņiem). Šajās zonās magnezītam raksturīgas minerālu asociācijas ir talks, dolomīts, serpentīns un opāls.

Ierobežoti izmanto kā augstvērtīgu ugunsdrošu būvmateriālu izejvielu, potenciāli tā ir laba magnija rūda. Lielākās atradnes ir Krievijā – Urālos (Zlatoustas atradne) un Irkutskas apgabalā (Savinskas atradne), Ķīnā, Austrijā, Kanādā un citur.

Dolomīts – $CaMg(CO_3)_2$. Nereti ir Fe un Mn piemaisījumi. Minerāla krāsu nozīmīgi iespaido Zn, Ni un Co piemaisījumi. Parasti veido sīkgraudainus vai slēptkristāliskus agregātus, atsevišķi trigonālas singonijas romboedriski kristāli maz izplatīti. Nereti sastopami arī poraini un zemjaini agregāti, kā arī marmorveida minerālu agregāti. Krāsa balta, pelēka, var būt dzeltenīga vai ieaļģana. Spīdums stikla. Cietība 3,5–4. Skaldnība laba. Blīvums 1,8–2,9 g/cm³.

Raksturīga reakcija ar 10% sālsskābes šķīdumu tikai pulvera veidā, normālos apstākļos reaģē ar uzsildītu sālsskābi. Apstarojot ar katodstariem, ir vērojama dolomīta luminiscence spilgti oranžsarkanā krāsā. Stkgraudainus agregātus bez ķīmiskām analizēm nav iespējams atšķirt no ankerīta un siderīta.

Veidojas sedimentācijas un hidrotermālos procesos. Ļoti izplatīts kardināls minerāls. Pasaulē plaši pazīstams, īpaši paleozoja nogulumos.

Izmanto galvenokārt būvmateriālu ražošanā, lieto arī kā ugunsdrošu materiālu.

Siderīts – FeCO_3 (sinonīms – vieglā jeb pelēkā dzelzsrūda, dzelzs špats; gaišās varietātes Urālos sauc par “raibo vīstu”). Graudaini triгонālas singonijas romboedrisku kristālu agregāti, zemjaina un blīva masa, reti – lodveida konkrēcijas (sinonīms – sferosiderīts). Krāsa dzeltenīgi brūna, rūsgana, raiba – dzeltenīga, balta un pelēka toņu maiņa starp blakus esošiem kristāliņiem. Cietība 3,5–4,5. Blīvums – 3,9–4 g/cm³. Skaldnība labi izteikta, trausls.

Atšķiras ar augstu blīvumu, reaģē ar sālsskābi, atstājot rūsganu plankumu (FeCl_3).

Veidojas galvenokārt hidrotermālos apstākļos kopā ar polimetālu rūdām kā dzīslas aizpildošs minerāls. Var veidot arī metasomatiskas atradnes, arī eksogēnos apstākļos veidojušos nogulumiežus (oolītu rūdas), tikai ļoti reti metamorfiskos apstākļos veidojušās siderīta atradnes. Dabā sastopamas arī jauktas minerālu formas – kalcija, dzelzs un mangāna karbonāti, tos vispārējā formā sauc par ankerītu – $\text{Ca}(\text{Mg,Fe})(\text{CO}_3)_2$. Dzelzi saturošo varietāti sauc par brūno špatu.

Siderītu no ankerīta lauka apstākļos var atšķirt, tikai paraugu saslapinot ar 1% sarkanās asinssāls $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ šķīdumu, tad uzpilina dažus pilienus HCl. Ja tiek novērota ļoti tumši zilās plēvītes veidošanās – tas ir siderīts; ja plēvīte ir gaišzila – ankerīts.

Oksidācijas zonā viegli dēdē un pārveidojas par dzelzs hidroksīdiem (virs atradnēm veido dzelzs “cepures”).

Siderīts ir nozīmīga dzelzsrūda, tomēr to lielākā daļa iepriekšējās gadsimtos jau ir izmantota. Patlaban lielākā ir Bakalas atradne Krievijā, Dienvidurālos, mazākas ir zināmas arī Austrijā, Spānijā un citur.

Rodohrozīts – MnCO_3 (sinonīms – mangāna špats). Kā izomorfi piemaisījumi visbiežāk ir Fe, Mg un Ca, retāk – Zn un Co. Agregāti ir trigonālas singonijas minerālu veidoti graudaini, masīvi, reti drūzveida nepilnīgi veidoti sakopojumi. Krāsa aveņsarkana, rozā, sarkanīgi violeta, dēdējot krāsa kļūst rūsgana. Svītra balta, cietība 3,5–4,5. Skaldnība labi izteikta, trausls. Blīvums 3,6–3,7 g/cm^3 .

Atšķiras ar rozā krāsu un romboedrisku skaldnību, Sālsskābē sadalās lēni; sildot skābi – ļoti enerģiski.

Veidojas tikai hidrotermālos apstākļos dzīslās, ļoti reti – nogulumiežos mangāna atradnēs joslās, lēcās un ieslēgumos.

Lielu gabalu un slāņu veidā rodohrozīts ir sastopams tikai dažās atradnēs pasaulē. Pazīstamākās ir Džidinas (Burjatijā, Krievijā) un Čiaturas atradnes Gruzijā.

Var būt potenciāla mangāna rūda. Patlaban tiek izmantots tikai kā apdares akmens, retāk izcili paraugi tiek vērtēti kā pusdārgakmeņi.

Smitsonīts – ZnCO_3 (sinonīms – cinka špats). Izomorfu piemaisījumu veidā satur Fe, Mn, Mg, Co, retāk – Cd, In u. c. Trigonālas singonijas kristāli. Visbiežāk sastopams notecējumu formās, garoziņās un nierveida agregātos. Krāsa balta, viegli zaļgana (malahīta graudiņi) vai ar zilganu nokrāsu (vara piemaisījumi), retāk brūni toņi (dzelzs hidroksīdu klātbūtne). Cietība 4–5, tā ir augstākā starp kalcīta grupas minerāliem. Trausls, skaldnība labi izteikta, bet reti konstatējama. Blīvums 4,1–4,6 g/cm^3 .

Atšķirīgās iezīmes ir notecējumu formas, zaļgani un zilgani toņi, liels blīvums un ģenētiskā piesaiste svīna un cinka atradņu oksidācijas zonām. Viegli reagē ar vāju sālsskābi. Karsējot ar pūšamo caurulīti, kristāliņi nekūst, bet sadrūp, uz ogles paliek balts ZnO traips. Izkaršēts un samitrināts ar $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$, liesmu krāso zaļu (oksidējošā zonā).

Smitsonīts ir polimetālu sulfīdu atradņu oksidācijas zonas tipisks eksogēns minerāls, tas veidojas no sfalerīta. Sastopams kopā ar cirusītu, limonītu, sfalerītu, galenītu un ģipsi.

Lielākie smitsonīta daudzumi zināmi Kazahstānas ziemeļos (Karatau skrausta atradnes) un Kļičkinskas atradņu grupā Čitas apgabalā Krievijā, kā arī Ledvillas atradnē Kalifornijā (ASV). Tā ir ļoti bagātīga cinka rūda, to iegūst kopā ar citām, atsevišķi nenodalot.

4.5.2.

Vienkāršie bezūdens rombiskas singonijas karbonāti

Aragonīts – CaCO_3 . Kā piemaisījumi var būt Sr (līdz 5,6%) un Mg, Fe, Zn. Dabā sastopams daudz retāk nekā kalcijs. Kristāli ir rombiskas singonijas prizmatiski, adatveida, radiāli kārtoti. Raksturīgas notecējumu formas, oolīti, zarainas dendrītveida formas (“dzelzs ziedi”). Atsevišķi kristāli reti. Krāsa balta, iedzeltena. Spīdums stiklains. Skaldnība vāja vai nav konstatējama. Cietība 3,5 līdz 4, ļoti reti līdz pat 5. Trausls. Blīvums 2,9–3,0 g/cm^3 . Labi reaģē ar 10% sālsskābes šķīdumu ūdenī.

Raksturīgs skaldnības trūkums. Ar sālsskābi reaģē tikpat enerģiski kā kalcijs. No kalcijs atšķiras ar lielāku cietību un blīvumu. Atšķiras arī minerāla pulvera reakcija mēģenē ar kobalta nitrātu – sakarsējot šķidrums kļūst koši violets (Meigena reakcija). No izskata ziņā līdzīgiem ceolītiem atšķir pēc reakcijas ar sālsskābi (ceolīti neizdala ogļskābo gāzi), no viterīta un stroncianīta atšķir pēc zemāka blīvuma, tie kūst, veidojot stiklveida pērlītes, karsējot ar pūšamo caurulīti.

Veidojas hidrotermālos zemas temperatūras apstākļos, karstos avotos un efuzīvo iežu tukšumos (aizpilda mandeles). Tomēr lielākā minerāla daļa veidojas eksogēnos procesos iežu dēdēšanas garozā un rūdu atradņu oksidācijas zonā.

Cerusīts – PbCO_3 (sinonīms – baltā svina rūda). Kristāli rombiskas singonijas plātņveida, adatveida, šķiedraini. Agregāti visbiežāk masīvi, graudaini, nereti arī notecējumu formas, ļoti reti tīklveida krustojošies šķiedrveida agregāti. Sīkgraudaina masa var saturēt citus svina, cinka un sudraba minerālus. Minerāls ir ļoti trausls. Krāsa balta, dzeltenīgi pelēka, pelēka līdz pat melnai, visbiežāk – bezkrāsains. Dimanta spīdums. Cietība 3–3,5. Augsts blīvums – 6,4–6,6 g/cm^3 .

Raksturīgs dimanta spīdums, augsts blīvums, minerāls ir viegli kūstošs. Slāpekļskābē viegli šķīst ar enerģisku gāzes izdalīšanos. Raksturīga tā paraģenēze ar anglezītu un galenītu. Karsējot ar kausējamo caurulīti, minerāls sadrūp un kļūst dzeltens. Uz oglei viegli reducē svinu līdz metāliskai formai. Šķīst vājā slāpekļskābē un kālija sārmā.

Veidošanās ir cieši saistīta ar cinka sulfīdu atradņu oksidācijas zonu, kur tas rodas no galenīta un anglezīta.

Lielu atradņu pasaulē vairs nav – minerāls ir izstrādāts, apgūstot polimetālu rūdu atradnes. Zināmās lielākās atradnes ir Krievijā: Ačijasas atradne Karatau skraustā, Zmeinogorskā atradne (Rūdu Altajā) un Kadainskas atradne Čitas apgabalā.

Pie rombiskiem karbonātiem pieder arī retāk sastopami minerāli – stroncianīts SrCO_3 (tam pazīstama arī ar kalciju bagāta varietāte kalciostroncianīts), viterīts BaCO_3 , parizīts $\text{Ca}(\text{Ce, La...})_2(\text{CO}_3)_3\text{F}_2$ un vairāki citi.

4.5.3. Saliktie karbonāti

Malahīts – $\text{Cu}_2(\text{OH})_2[\text{CO}_3]$. Monoklīnas singonijas adatveida, radiāli kristāli, bet visbiežāk – satecējuma formās, galvenokārt tās ir dažādas garozas ar radiāli starainu, šķiedrainu vai sīkšķiedrainu uzbūvi. Nereti tie ir uzsūbējumi un zemjaini agregāti (sinonīms – vara zaļums). Krāsa no bāli zaļas līdz spilgti zaļai. Svītra gaiši zaļa. Spīdums stiklains vai dimanta, sīkšķiedrainiem agregātiem – zīdains. Skaldnība vidēja, cietība 3,5–4. Blīvums 3,9–4,1 g/cm^3 .

Raksturīga spilgti zaļā krāsa, svītra, satecējumu formas agregāti un laba reakcija ar aukstu 10% sālskābes šķīdumu. Diagnosticējot nozīme ir arī minerālu asociācijām.

Veidojas dēdēšanas procesos vara rūdu atradņu oksidācijas zonā, kur ir kopā ar azurītu, hrizokolu, tīrradņu varu, kuprītu, limonītu, ģipsi, dažādiem vara sulfīdiem. Malahīts ir droša norāde, meklējot vara rūdas.

Izmanto kā dekoratīvu apdares materiālu celtniecībā, lietišķās mākslas priekšmetu izgatavošanai, ļoti reti arī zaļās krāsas ražošanai, senāk izmantoja kā vara rūdu (Cu – 57,4%). Lielākā zināmā atradnes pasaulē bija Krievijā – Gumeševas un Mednorudņanskas atradnes Nižņijtagilā Urālos (lielākais atrastais gabals svēra 1,5 tonnas), lieli malahīta gabali atrasti arī Ziemeļindijā un Čīlē.

Azurīts – $\text{Cu}_3(\text{OH})_2[\text{CO}_3]_2$ (sinonīms – vara zilgme). Agregāti monoklīnas singonijas sīki prizmatiski vai plaksnīšveida kristāliņi.

Visbiežāk tās ir garozveida vai drūzu formas, nereti uzsūbējumu un zemjainas masas formā. Krāsa tumši zila, zemjainās masās – gaiši zila. Svītras krāsa – gaiši zila. Spīdums stiklains. Trausls, cietība 3,5–4. Blīvums 3,7–3,9 g/cm³. Enerģiski reaģē ar vāju sālsskābi.

Raksturīga spilgti zilā krāsa un piesaiste vara minerālu oksidācijas zonai.

Veidošanās līdzīga malahītam, nereti ir kopā ar to, bet sastopams daudz retāk. Minerāla atrašana un klātbūtne ir ļoti laba pazīme, meklējot vara rūdas.

Zemjainas masas un garozu veidojumus izmanto krāsu izgatavošanai, drūzas un labi veidota sīkkristāliska masa tiek vērtēta kā pusedārgakmens.

Nosacīti pie karbonātiem tiek pieskaitīti arī ūdeni saturoši karbonāti. Ir vairāki desmiti nātrijs, magnija, urāna un vairāku citu metālu hidrokarbonātu. Izplatīts un makroskopiski nosakāms ir tikai viens minerāls – soda $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (sinonīms – natrīts, natrons). Kristāli monoklīnas singonijas prizmatiski, retāk plākšņveida, visbiežāk sastopams graudainos agregātos. Krāsa balta, pelēka, visbiežāk – bezkrāsains. Stikla spīdums. Cietība 1–1,5. Skaldnība pilnīga, blīvums 1,42–1,47 g/cm³. Veidojas arī mūsdienās, no piesātinātiem šķīdumiem izgulsnējoties normālā spiedienā temperatūrā no + 2 °C līdz + 32 °C.

Viegli šķīst ūdenī, aktīvi reaģē ar sālsskābi. Sildot izdala ūdeni, minerāls pats izšķīst tajā. Liesmu krāso intensīvi dzeltenā krāsā.

Veidojas sālsezeros izgulsnējoties. Ir zināmi gadījumi, kad minerāls veidojies apmaiņas reakcijās no nātrijs sulfātu minerāliem, organismu darbības ietekmē reducējot sulfātus.

Lielākās atradnes ir saistītas ar mūsdienu sodas ezeriem Kulundas stepē (Kazahstānas ziemeļos), Doroņinskas sodas ezerā (Austrumsibīrijā Krievijā), Ēģiptē, Irākā, Tibetā, Kalifornijas dienvidaustrumos (ASV) un citur.

Sodu ļoti plaši izmanto ziepju, krāsu un stikla rūpniecībā, kā arī krāsvielu ražošanā, metalurģijā. Mūsdienās sodu iegūst mākslīgi no halīta vai mirabilīta.

Zemes litosfērā lielākā bora daļa ir koncentrēta silikātos, alumosilikātos un borātsilikātos (turmalīns u. c.), tomēr blakus tiem dabā ir sastopami arī borāti. Līdzīgi silikātiem borāti ir ar salu struktūru, ar izolētiem borskābes radikāļiem $[\text{BO}_4]^{5-}$ un $[\text{BO}_3]^{3-}$, ar dubultiem gredzenos kārtotiem radikāļiem, sastopami borāti ar ķēdīšu struktūru, ar slāņu un karkasa struktūru. Starp šiem struktūru tipiem var izdalīt ūdens molekulas nesaturošus un saturošus borātus. Ūdens molekulas nesaturošie borāti ir ludvigīts, ašarīts, boracīts un vairāki citi.

Ūdens molekulas saturoši borāti veidojas žūstošos ūdens baseinos, kā arī atkārtoti izgulsnējoties šķīstošiem borātiem, kas pārvietoti no sāls atradņu ģipša pārsedzējsslāņa oksidācijas zonas ("sāls cepurēm"). Visu šo minerālu krāsa ir balta, cietība 1–3, blīvums neliels – 1,65–2,4 g/cm³. Šajā minerālu grupā vizizplatītākie ir hidroboracīts, kolemanīts, injoīts, uleksīts un boraks (sinonīms – būra).

Patlaban ir zināmi 146 borātu klases minerāli. Raksturīgākie un izplatītākie nogulumos ir ludvigīts, hidroboracīts un boraks.

Ašarīts – MgHBO_3 . Pareizāk to ir rakstīt kā $\text{Mg}_2(\text{OH})[\text{B}_2\text{O}_4\text{OH}]$ (sinonīms – saibelīts). Kristāli ir rombiskas singonijas, tomēr gandrīz vienmēr ir sastopams sīkgraudainā zemjainā krītam līdzīgā masā, ko veido sīki prizmatiski vai adatveida kristāliņi. Krāsa balta, spīdums stiklains, irdenā masā – matēts. Cietība 3–3,5. Pulverveida masa smērē pirkstus. Blīvums 2,65 g/cm³.

Viegli atšķirams pēc ārējā izskata un asociācijas ar citiem bora minerāliem. Precīzi nosakāms tikai pēc minerāla optiskajām konstantēm. Pārbaudot ar kausējamo caurulīti, uz ogles veido emalju, liesmu krāso intensīvā zaļā krāsā.

Veidojas kā sekundārs bora sāls atradņu minerāls, var veidoties, izgulsnējoties ierobežotās ūdenstilpēs karsta un arīda klimata apstākļos, dehidratējoties citiem bora minerāliem (hidroboracīta, kolemanīta u. c.). Retāk veidojas dēdēšanas garozās.

Saimnieciski izmanto visai ierobežoti, jo tehnoloģiski magnijs ir grūti nodalāms no bora. Lielākās atradnes zināmas Krievijā (Piekaspijas zemienes ziemeļos – Inderas ezers), Ašerslēbenā (Vācijā), Rečbanjā (Rumānijā) un Hungari (Nevadā, ASV).

Ludvigīts – $(\text{Mg,Fe})_2\text{Fe}^{3+}[\text{BO}_3]\text{O}_2$. Rombiskas singonijas minerāls, visbiežāk sastopams graudainu un radiāli starainu agregātu formā. Krāsa melna, zaļgani melna. Cietība 5. Blīvums $3,6 \text{ g/cm}^3$.

Nosakāms pēc šķiedrainiem un radiāli starainiem agregātiem, zaļi melnas krāsas un paraģenēzes magneziālos skarnos.

Visbiežāk sastopams kontakta metasomatiskos iežos. Vislabākie paraugi zināmi no Jakutijas Krievijā, kur tas atrodams kopā ar magnetītu un turmalīnu.

Hidroboracīts – $\text{CaMg}[\text{B}_3\text{O}_4(\text{OH})_3]_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. Monoklīnas singonijas kristāli, visbiežāk veido sferolītus, zvaigžņu formas, adatveida, radiāli starainus un šķiedrainu agregātus. Krāsa balta, retāk viegli sārts vai pelēcīgs. Spīdums stiklains. Skaldnība izteikta, cietība 2. Blīvums $2,17 \text{ g/cm}^3$.

Atšķiras pēc zvaigžņu formas kristālu agregātiem. Visos citos gadījumos ir nepieciešamas ķīmiskās analīzes un citi laboratorijās veicami pētījumi.

Veidojas sāls kupolu augšējā daļā un kā ķīmiskie nogulumi, izžūstot baseiniem. Atrodams kopā ar citiem ūdens molekulas saturošiem borātiem, ģipsi un anhidrītu.

Ir ļoti svarīga bora rūda. Boru izmanto stikla rūpniecībā, metalurģijā, medicīnā, pārtikas rūpniecībā. Pasaulē ik gadu iegūst aptuveni 4,6–4,8 miljonus tonnu bora sāļu (pārrēķinot B_2O_3). Pasaules eksporta tirgū (2005. gadā) dominēja Turcija (30%), Krievija (22%) un ASV (25%). Bora sāļu resursi pasaulē nav zināmi, bet tos vērtē vairāk nekā 10 miljardu tonnu apjomā. Izpētīti un novērtēti ir 410 miljoni tonnu, no tiem ekspluatācijā esošajās atradnēs koncentrēti 170 miljoni tonnu bora sāļu.

Boraks – $\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$. Veido monoklīnas singonijas īsprizmatiskus kristālus, graudainus agregātus un zemjainu masu. Krāsa balta, spīdums stiklains, cietība 2–2,5. Skaldnība izteikta. Blīvums $1,7 \text{ g/cm}^3$.

Atšķirams pēc baltiem kristāliņiem, kas viegli šķīst ūdenī. Karsējot izdala daudz ūdens.

Veidojas, ķīmiski izsēžoties noslēgtos baseinos, arī augsnēs pustuksnešu rajonos. Paaugstināta spiediena un temperatūras apstākļos no boraka veidojas kernīts – ļoti svarīgs bora rūdu minerāls. Lielākās boraka atradnes pasaulē ir ASV (Kalifornijā) un Tasmānijā dubļu vulkānu apkārtnē.

Kolemanīts – $\text{Ca}_2[\text{B}_3\text{O}_4(\text{OH}) \cdot 3\text{H}_2\text{O}]$. Monoklīnas singonijas īsprizmatiki un dipiramidāli kristāli, tomēr visbiežāk sastopams radiālos (sferolītu) un graudainos agregātos. Krāsa balta, spīdums stiklains. Cietība 4. Pilnīgi izteikta skaldnība vienā virzienā. Blīvums $2,44 \text{ g/cm}^3$.

Ūdenī minerāls nešķīst. Sālsskābē šķīst tikai karsējot.

Veido lielas atradnes vai to daļas asociācijās ar ģipsi un dažādiem boru saturošiem minerāliem senu sālsezeru krastos, piemēram, Kalifornijas un Nevadas pavalstīs ASV. Ļoti savdabīga ir kolemanīta veidošanās no karstajiem avotiem mūsdienās Čīlē, kur tā krājumiem ir rūpnieciski nozīmīgs apjoms.

4.5.5. | Nitrāti

Nitrātu klases minerālu skaits ir neliels, un dabā tie sastopami reti, patlaban zināmi tikai 11 minerāli. Visplašāk izplatīti ir nātrijs un kālija salpetri. Visbiežāk tie sastopami augsnēs kā “ziedi”, uzsūbējumu un garoziņu veidā. Ļoti viegli šķīst ūdenī, tāpēc ir atrodamīti tikai arīdos apstākļos. Veidojas, gandrīz vienmēr biogēna organiskajām vielām trūdot nitrobaktēriju darbības iespaidā.

Nitratīns – NaNO_3 (sinonīms – Čīles salpetris jeb nātrijs salpetris). Trigonālas singonijas kristāliņi sastopami salīdzinoši reti, visbiežāk tās ir garoziņas un viedabīga graudaina masa. Krāsa balta, bet piejukumi var krāsot pelēcīgu, dzeltenu, sarkani brūnu. Skaldnība izteikta pēc romboedra skaldnēm (līdzīgi kalcītam). Garša viegli sāļa. Cietība 1,5–2. Blīvums $2,25 \text{ g/cm}^3$.

Viegli nosakāms pēc vieglās šķīdības ūdenī, garšas. Liesmu krāso intensīvā dzeltenā krāsā. Karsējot minerāla pulveri uz ogles, uzliesmo, bet mazāk izteikti nekā kālija salpetris.

Pasaulē lielākās atradnes ir Atakamas tuksnesī Čīlē (atradnes teritorija $700 \text{ km} \times 80 \text{ km}$), šeit koncentrēti vairāk nekā 200 miljoni

tonnu. Visās atradnēs nitrātu raksturīgs piemaisījums ir joda savienojumi. Vēl lielas atradnes ir Bolīvijā, Brazīlijā, Ēģiptē, Krievijā, Trinidādā un Tobāgo.

Rūpnieciski iegūst kā vērtīgu minerālmēslu izejvielu, izmanto pārtikas rūpniecībā, slāpekļskābes iegūšanai un sprāgstvielu ražošanā. Pasaulē gadā iegūst 109–110 miljonus tonnu dažādus nitrātus saturošu sāļu (pārrēķinot ķīmiski tīrā slāpekļī), no tā mazliet vairāk nekā pusi no nitrātiem. Pārējo iegūst no naftas un dabasgāzes pārstrādes.

Niters – KNO_3 (sinonīms – Indijas salpetris jeb kālija salpetris). Kristāli rombiskas singonijas rombodipiramidālas formas, visbiežāk sastopams baltu garoziņu un “ziedu” formā virs nātrija salpetra slāņiem. Cietība 2, skaldnība izteikta vienā virzienā. Blīvums $1,99 \text{ g/cm}^3$. Karsējot minerāla pulveri uz ogles, intensīvi uzliesmo.

Izplatīts daudz plašāk, nekā vēl nesen domāja, un vienmēr veido atradņu daļas, kurās tiek iegūts nātrija salpetris. To neiegūst atsevišķi, bet kopā ar nitrātīnu minerālmēslu ražošanai.

4.6. | Sulfātu klase

Sulfātu klase mineraloģiskajā klasifikācijā aptver ne tikai dažādus sulfātus, bet arī hromātus, molibdātus un volframātus – kopā aptuveni 340 minerālu. No tiem visplašāk izplatīti ir sulfāti.

Ķīmiskā sastāva ziņā sulfātu minerāli ir metālu sērskābes sāļi. Tie veidojas galvenokārt ķīmiskās sedimentācijas jūrās un baseinos, dēdēšanas, dažreiz arī magmatiskos efuzīvos procesos. Lielākā daļa sulfātu klases minerālu salīdzinoši viegli šķīst ūdenī.

4.6.1. | Bezūdens sulfāti

Barīts – BaSO_4 (sinonīms – smagais špats). Kristāli ir rombiskas singonijas plākšņveida, agregāti graudaini, masīvi, lapveida, nereti veido drūzas. Ļoti bieži ir caurspīdīgs, puscaurspīdīgs vai balts, pelēks, retāk viegli iekrāsots sārts, zilgans, rūsgans. Svītra balta. Skaldnība pilnīga vienā un mazāk izteikta vairākos virzienos. Spīdums stiklains, retāk perlamutra. Cietība 3–3,5. Blīvums $4,3\text{--}4,5 \text{ g/cm}^3$.

Salīdzinoši plaši ir izplatīta stronciju saturoša varietāte (baritocelestīns), kā arī svinu un rādiju saturoša varietāte (hokutolīts).

Raksturīgs augsts blīvums, izteikta skaldnība, plākšņveida kristālu forma.

Veidojas hidrotermālos apstākļos kopā ar galenītu, sfalerītu, pīrītu, cinobru, fluorītu, var veidot arī patstāvīgas tīra barīta dzīslas. Eksogēnos apstākļos barīts veidojas netāla sulfīdu atradņu augšējās daļās (tā saucamās dzelzs cepures zonā), retāk veido konkrēcijas nogulumiežos.

Izmanto plaši rūpniecībā bārija preparātu formā – smagie šķidrumi urbšanā, krāsu ražošanā, lauksaimniecības ķīmikāliju ražošanā un kodolrūpniecībā (starojuma slāpētājs). Lielākās atradnes ir Ķīnā, Marokā, Indijā un ASV. Labi zināmas un detalizēti ir pētītas barīta atradnes Krievijā (Urālos un Altajā), Gruzijā (Kutaisi rajonā) un Turkmenistānā (Kopetdagā).

Gadā pasaulē iegūst aptuveni 6,7–6,9 miljonus tonnu barīta. Tā apzinātie resursi ir novērtēti aptuveni divu miljardu tonnu apjomā, no tiem izpētīti un novērtēti ir 740 miljoni tonnu, tajā skaitā ekspluatācijā esošajās atradnēs 2006. gada sākumā – 200 miljoni tonnu. Lielākās barīta eksportētājās pasaulē ir Ķīna (55% no pasaulē saražotā barīta), Indija (12%) un ASV (8%).

Celestīns – SrSO_4 . Kristāli ir rombiskas singonijas plākšņveida, tāfelītes, prizmatiski un piramidāli, nereti ļoti izstiepti vienā virzienā. Agregāti ir šķiedrveida, graudaini, masīvi, nereti veido arī drūzas. Krāsa debszila, bāli zilgana, pelēka, reizēm ir bezkrāsaini caurspīdīgs. Skaldnība pilnīga, trausls. Spīdums stiklainis, uz kristālu virsmām perlamutra. Cietība 3–3,5. Blīvums 3,9–4 g/cm³.

Atšķiras ar gaišzilo krāsu, plātņveida kristāliem, augstu blīvumu. Sakarsējot un samitrinot liesmu krāso karmīnsarkanu (stroncija reakcija) – tā ir vienīgā makroskopiskā pazīme, kā to atšķirt no barīta. Nereagē ar skābēm – droša pazīme, kā atšķirt no karbonātiem.

Lielākoties veidojas, ķīmiski izgulsnējoties nogulumiežu slāņkopās kopā ar ģipsi, kalcītu, barītu, tīrradņu sēru. Reti ir sastopams barīts, kas veidojies zemas temperatūras hidrotermālos apstākļos.

Lielākās atradnes ir Džirdženti (Sicīlijā, Itālijā), ASV, Vācijā, Tadžikistānā (Fergānas ielejā), Turkmenistānā, Krievijā (Pievolgā un Arhanģeļskas apgabalā).

Celestīns ir svarīgākā stroncija rūda (97%), atlikušos 3% veido stroncija karbonāts – strontianīts. Pasaulē ik gadu iegūst 470–510 tūkstošus tonnu ķīmiski tīra stroncija (fiziski tas ir oksīds, bet aprēķinos tiek ņemts vērā, ka celestīns satur 43,88% stroncija). Stroncija pieejamais daudzums pasaulē 2006. gada sākumā ir novērtēts aptuveni 80–100 miljardu tonnu apjomā (tajā skaitā viens miljards ASV teritorijā), izpētīti un novērtēti ir 12 miljoni tonnu, ekspluatācijā esošajās atradnēs – 6,8 miljoni tonnu stroncija celestīna minerālajā formā. Pasaules tirgū dominē Ķīna (29%), Spānija (29%), Meksika (25%) un Turcija (14%).

Anglezīts – $PbSO_4$. Kristāli rombiskas singonijas sīkas plāksnītes, tāfelītes, izstieptas formas kristāli. Agregāti visbiežāk graudaini vai mašīvas formas. Bezkrāsains līdz baltai krāsai ar dimanta spīdumu. Cietība 2,5–3. Blīvums 6,1–6,4 g/cm³.

Atpazīstams pēc ļoti augstā blīvuma, dimanta spīduma un paraģenēzes ar svina minerāliem (īpaši galenītu). Atšķirībā no cerusīta nereaģē ar slāpekļskābi.

Veidojas svina sulfīdu atradņu oksidācijas zonās un sastopams kopā ar galenītu, cerusītu un citiem sekundāriem svina minerāliem. Minerāls ir rets, lielākie tā daudzumi zināmi polimetālu atradnēs Krievijā (Aizbaikālā) un Kazahstānā. Izmanto kopā ar citām svina rūdām.

Anhidrīts – $CaSO_4$ (sinonīms – bezūdens ģipsis). Gandrīz vienmēr satur stroncija piemaisījumus. Kristāli ir rombiskas singonijas biezas gandrīz izometriskas tāfelītes, plāksnītes, prizmas; raksturīgas pinakoīdu formas. Sastopams blīvā, graudainā masā. Krāsa balta un gaiši zilganpelēka. Svītra balta. Spīdums stiklains, reizēm uz kristālu skaldnēm perlamutra. Cietība 3–3,5. Skaldnība laba. Blīvums 2,8–3,0 g/cm³.

Raksturīga izteikta skaldnība, atskaldītie gabaliņi veido taisnus leņķus atbilstoši skaldnības virzieniem, nereti var veidot atskaldījumu “trepītes” pamata kristālā. No kalcīta atšķiras ar augstāku blīvumu, no ģipša – ar augstāku cietību.

Veidojas sedimentācijas procesos, ir kardināls iežus veidojošs minerāls. Visbiežāk sastopams nogulumiežos kopā ar ģipsi un halītu. Normālos apstākļos Zemes virsū pāriet ģipsī ar būtisku (līdz 30%) tilpuma palielināšanos, zināma arī pretēja parādība – ģipša pārvēršanās par anhidrītu.

Pasaulē ir ļoti daudz anhidrīta atradņu, lielākās – Ukrainā (Artjomovskas), Vācijā (Stasfurtes), Indijā (Pendžabas štatā), Austrālijā un citur. Ļoti plaši izmanto būvmateriālu ražošanā.

Ternadīts – Na_2SO_4 . Raksturīgi rombiskas singonijas dipiramidāli kristāli, tomēr biežāk sastopams tāfeļveida, biezu plākšņu formā, ļoti raksturīgi kristālu dvīņi. Bieži veido drūzas un graudainus agregātus. Bezkrāsains, caurspīdīgs, nereti ar sārtu nokrāsu. Spīdums stikla. Trausls, cietība 2–3,5. Skaldnība pilnīga, blīvums $2,67 \text{ g/cm}^3$.

Viegli šķīst ūdenī, no pārsātināta šķīduma izdalās tikai temperatūrā, kas augstāka par $32,5 \text{ }^\circ\text{C}$, zemākā temperatūrā izgulsnējas mirabilīta formā. Nosakāms pēc asociācijas ar mirabilītu, atšķiras no tā pēc singonijas, no citiem minerāliem graudainos agregātos atšķirams pēc ķīmiskajām reakcijām.

Parasti veidojas sālsezeros kopā ar mirabilītu, retāk no karstiem avotiem vulkānu piekājēs. Lielākās atradnes pasaulē ir Kurendaga (Turkmenistānā), sastopams arī ASV, Meksikā, Austrālijā un Izraēlā.

4.6.2. | Ūdens molekulas saturoši sulfāti

Ģipsis – $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Kristāli monoklīnas singonijas biezas un plānas plāksnītes, nereti ļoti lieli, raksturīgi dvīņu kristāli ("bezdelīgas aste"). Agregāti blīvi, graudaina, plākšņaina, paralēli šķiedraina masa, atsevišķi kristāli un to drūzas. Krāsa balta, arī bezkrāsaini. Ļoti bieži piejaukumu dēļ var būt arī pelēks, dzeltens un pat melns. Spīdums stiklainis, uz skaldnības virsmām perlamutra atspulgs. Ļoti trausls, cietība 1,5–2. Skaldnība ļoti izteikta. Blīvums $2,3 \text{ g/cm}^3$.

Paveids – blīvs smalkšķiedrains ģipsis – selenīts.

Raksturīga zemā cietība, trauslums, šķiedras nav elastīgas, viegli lūst. Karsējot sairst, kļūst balts un izdala ūdeni. Salīdzinoši viegli šķīst ūdenī (vislabākā šķīdība $37\text{--}38 \text{ }^\circ\text{C}$). Nereaģē ar sālskābi, neizdala gāzi.

Veidojas sedimentācijas procesos, kā arī hidratizējoties anhidrītā. Ir ļoti izplatīts petrogēns minerāls. Ļoti plaši izmanto būvmaterialu ražošanā. Ģipša atradnes ir zināmas visā pasaulē. Pasaulē ik gadu iegūst aptuveni 104–106 miljonus tonnu ģipša, no tā 2005. gadā ASV – 17%, Irānā – 11%, Kanādā – 6%. Ģipša resursi pasaulē netiek vērtēti kopumā, jo tikai Brazīlijā vien izpētītie un novērtētie krājumi spēj nodrošināt visas pasaules patēriņu turpmākajiem 15 gadiem.

Mirabilīts – $\text{Na}_2(\text{SO}_4) \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (sinonīms – glaubersāls). Monoklīnas singonijas kristāli. Sastopams masīvos un graudainos agregātos, garoziņu un uzsūbējumu formā. Bezkrāsains vai baltā krāsā. Spīdums stiklains. Garša sāļi rūgta. Ļoti trausls, cietība 1,5–2. Blīvums $1,5 \text{ g/cm}^3$.

Raksturīga iezīme – sakarsējot mēģenē, šķīst minerāla izdalītajā kristalizācijas ūdenī.

Veidojas ar nātrija sulfātu bagātos sālsezeros. Gaisā viegli zaudē ūdeni un pārvēršas tenardītā Na_2SO_4 .

Lielākā atradne pasaulē ir Karabogazgols (krājumi pārsniedz četrus miljardus tonnu). Sastopams ASV, Meksikā, Austrālijā, Izraēlā un citās valstīs.

Pie šīs minerālu grupas vēl pieder salīdzinoši labi zināmi minerāli polihalīts – $\text{K}_2\text{MgCa}_2(\text{SO}_4)_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, kainīta minerālu grupa – $\text{KMg}(\text{SO}_4)\text{Cl} \cdot \text{H}_2\text{O}$ – $\text{MgSO}_4 \text{ KCl} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, šonīts – $\text{K}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – un citi.

Nereti atsevišķi tiek raksturota īpatnēja divvērtīgo metālu (Mg, Cu, Fe) ūdens molekulas saturošo sulfātu minerālu grupa. Visi šie minerāli veidojas metāla sulfīdu atradņu oksidācijas zonās un sālsezeru piekrastes zonās, kur metālu rūdu minerāli atsedzas. Minerāli ir salīdzinoši reti un nav nosakāmi vizuāli vai ar vienkāršām makroskopiskām metodēm.

4.6.3. Kompleksie sulfāti

Pie šīs minerālu grupas pieder alunīti un alauni. Dabā biežāk ir sastopami alunīti (izplatītākie ir alunīts un jarozijs). Alauni (zināmākie ir kālija alauni, nātrija alauni un halotriksīts) ir tieši saistīti ar mālu minerāliem dēdēšanas garozās un zemjainā masā.

Alunīts – $KAl_3[(OH)_3(SO_4)]_2$. Kristāli ir trigonālas singonijas sīki un reti pareizas formas. Agregāti blīvas, zemjainas neizteiksmīgas akmensveida masas formā. Krāsa balta, pelēka, dzeltenīga, iesarkana. Svītra pelēka vai balta. Cietība 3,5–4. Blīvums 2,6–2,8 g/cm³.

Atšķiras ar slēptkristālisku masu, gaiši dzeltenīgu vai pelēku krāsu, nelīdzenu lūzumu. Koncentrētā sērskābē slikti šķīst. Droši var noteikt tikai laboratorijā ar optiskām un rentgenogrāfiskām metodēm.

Veidojas hidrotermālos apstākļos tiešā saistībā ar efuzīvu vulkānisko darbību – sērskābām hidrotermām iedarbojoties uz bāziskiem efuzīviem (alunizācija), tā notiek vienlaikus ar citiem līdzīgiem procesiem (kaolinizāciju, iežu piesātināšanu ar šķīstošiem silikātiem).

Izmanto ierobežoti alumīnija ieguvei.

Lielākās atradnes ir Ķīnā (Faņšaņas un Taihu atradnes), Itālijā (Tolfa un Čivitavekva atradnes) un Azerbaidžānā (Zakļinskas atradne).

Jarozīts – $KFe_3(SO_4)_2(OH)_6$. Kristāli ļoti reti trigonālas singonijas ditrigonālas pīramīdas. Sastopams kā viendabīga masa un zemjaini agregāti, arī konkrēcijās. Krāsa okerdzeltena un dzeltenbrūna. Svītra dzeltena, nereti dzirksteļo, to velkot. Līdzīgs limonītam. Cietība 2,5–3, skaldnība neizteikta. Blīvums 3,1–3,3 g/cm³.

Atšķirīgu pazīmju nav daudz, bet no ļoti līdzīgā limonīta atšķiram pēc taustes (tas šķiet taukains). Jarozīts viegli šķīst sāļskābē. Šķīdinot kopā ar $BaCl_2$, veido baltas bārija sulfāta nogulsnes. Minerāla pulverīti kausējot, iegūst lodīti ar labām magnētiskām īpašībām.

Veidojas eksogēnos apstākļos, oksidējoties pirītam un citiem dzelzi saturošiem sulfīdiem. Lieli jarozīta daudzumi zināmi tikai dažās atradnēs, piemēram, Ziemeļkazahstānā Maikainas atradnē (zelta rūdu atradnes oksidācijas zonā), arī Blavinskas atradnē Dienvidurālos Krievijā.

Saimnieciskām vajadzībām iegūst ļoti ierobežoti, visbiežāk pulējamo pulveru un pastu ražošanai.

No dabā sastopamajiem alauniem izplatītākie ir kālija alauni – $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ (sinonīms – alaunu zemes), nātrijs alauni – $NaAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ (sinonīms – sulfatarīts), halotrihīts – $FeAl_2(SO_4)_4 \cdot 22H_2O$.

4.6.4.

Hromāti, volframāti un molibdāti

4.6.4.1. Hromāti

Hromāti dabā sastopami tikai dažu minerālu veidā (zināmi 14 minerāli), jo to veidošanās notiek vienīgi ar skābekli piesātinātā vidē, kas dabā nav tik bieži vērojama. Minerāli viegli nonāk reducējošā vidē un pārvēršas. Salīdzinoši izplatīts ir tikai viens minerāls – **krokoīts** – PbCrO_4 . No šā minerāla 1797. gadā pirmoreiz tika konstatēts jauns ķīmiskais elements – hroms. Vienmēr satur piemaisījumus, visbiežāk sudrabu. Krokoīts, kurā ir daudz cinka, tiek saukts par josaītu. Monoklīnas singonijas prizmatiski kristāli, tomēr biežāk aizpilda plaisu, pilnībā neveidojot izteiktas kristālu formas. Krāsa spilgti oranža, gaisā kļūst blāva. Svītra oranža, spīdums dimanta. Cietība 2,5–3. Trausls, skaldnība izteikta, blīvums $6,1 \text{ g/cm}^3$.

Atšķiras ar raksturīgo oranžo krāsu, prizmatiskiem kristāliem un augsto blīvumu. Ar kausējamo caurulīti var viegli iegūt svina lodīti. Uz ogles ar fosfora sāli un boraku veido raksturīgu smaragdzaļu stiklveida pērlīti.

Veidojas svina rūdu oksidācijas zonās ultrabāzisku iežu tuvumā. Pazīstamākā ir Berezovskas atradne Urālos Krievijā, kur krokoīts arī pirmo reizi tika aprakstīts 1766. gadā. Zināmi labi izteikti kristāli un to drūzas no Tasmānijas.

4.6.4.2. Volframāti un molibdāti

Volframāti un molibdāti ir neliela minerālu grupa, kas ir svarīgas molibdēna un volframa rūdas, kopā ir 47 minerāli, un tikai dažus ir iespējams noteikt makroskopiski. Lielākā to daļa ir ļoti reti, plašāk sastopami to sintētiskie analogi (meklējami metālkausēšanas izdedžos).

Volframīts – $(\text{Mn}, \text{Fe})\text{WO}_4$. Bieži satur mangāna piejaukumu – no 5,9% līdz 17,9%. Ja mangāna saturs ir zemāks, minerāls tiek saukts par ferberītu; ja augstāks par 17,6% – par hubnerītu (MnWO_4). Minerāla kristāli ir monoklīnas singonijas prizmatiski, nereti plātņveida, daži kristāli var būt pat 20 cm gari. Sastopams arī viendabīgā masā un graudainos agregātos. Krāsa tumši brūna līdz pat melnai, hubnerītam

raksturīgas tumši violetas nokrāsas. Tumši melns vienmēr ir ferberīts. Svītras krāsa tumši brūna līdz melnai. Spīdums dimanta, nošķeltās virsmās – taukains. Cietība 4,5–5,5. Trausls, skaldnība izteikta vienā virzienā. Blīvums 6,7–7,5 g/cm³. Ar dzelzs piemaisījumiem bagāti kristāli var būt vāji magnētiski.

Raksturīga tumši brūna un melna krāsa, liels blīvums, izteikta skaldnība vienā virzienā (atšķirībā no melnā sfalerīta, kuram tā ir vairākos virzienos, un kolumbīta, tantalīta un kasiterīta, kuriem skaldnība nav izteikta). Ar kausējamo caurulīti no minerāla pulvera var iegūt melnu magnētisku lodīti. Minerālu ievietojot ūdenī mēģenē un to vārot, pievienojot sodu un nedaudz paskābinot ar sālsskābi, šķidrums alvas klātbūtnē iekrāsojas gaiši zils (volframa noteikšanas reakcija). Raksturīgi, ka minerāls nereaģē ar sālsskābi.

Sastopams hidrotermālās kvarca dzīslās saistībā ar granīta masīviem, nereti asociācijās ar kasiterītu, molibdenītu, arsenopirītu, pirītu, halkopirītu u. c. Bieži ir greizenos (pneimotolītiski pārveidotos granītos) kopā ar vizlām, topāzu, fluorītu, turmalīnu, berilu, kasiterītu u. c. Zināmas arī sulfīdu dzīslas, kurās volframīts ir kopā ar halkopirītu, molibdenītu, pirītu, bismutīnu, sfalerītu u. c.

Volframīts ir ļoti bagāta volframa rūda (WO₃ līdz pat 75%). Lielākās atradnes pasaulē ir Dienvidķīnā, Vjetnamā, Laosā, Mjanmas dienvidos, Malakā. Nelielas atradnes zināmas ASV dienvidos, Portugālē un Spānijā. Visintensīvākā volframīta ieguve notiek Dienvidķīnas klieknēs.

Šēlīts – CaWO₄ (sinonīms – šeelīts, trimonīts). Izcila volframa rūda (WO₃ 80,6%). Piemaisījumos var būt līdz pat 20% molibdēna (minerāla varietāte – molibdošēlīts). Kristāli ir tetragonālas singonijas dipiramīdas, biežāk – nepareizas formas ieslēgumi skarnos un kvarca dzīslās. Krāsa balta, pelēka, dzeltenīga. Svītras krāsa balta. Cietība 4,5. Blīvums 5,8–6,2 g/cm³.

Sīkos kristāliņos nosakāms ar grūtībām, īpaši grūti atšķirams no laukšpata un kvarca. Atšķiras ar taukainu spīdumu, lielu blīvumu un ļoti raksturīgo zilgano luminiscēšanu katodstaros un ultravioletajos staros. Sālsskābē un slāpekļskābē viegli sadalās un

izgulsnē dzeltenu volframa oksīdu. Kad šo šķīdumu karsē kopā ar metālisku alvu, tas krāsojas koši zilā krāsā.

Visbiežāk sastopams piroksēna, piroksēna un granātu un granātu skarnos. Raksturīgākie pavadoņi ir salīts, hedenbergīts, andradīts, kalčīts, kvarcs, molibdenīts. Ir atrasts arī augstas temperatūras hidrotermālās dzīslās kopā ar zeltu un sulfīdiem.

Šēlīts ir ļoti laba volframa rūda. Lielākās atradnes ir ASV Rietumkrastā, Ķīnā (Huanpodi atradne), Dienvidkorejā (Songdongas atradne), Austrālijā, Krievijā (Gumbeikas atradne Urālos) un Ziemeļkaukāzā (Tirniauzas atradne). Saimnieciski būtiski mazāk nozīmīgs nekā volframīts, no šēlīta iegūst ne vairāk kā 3% no volframa oksīda.

Povelīts – CaMoO_4 . Kristāli tetragonālas singonijas, bet visbiežāk pseidomorfožu veidā aizvietojojt molibdenītu. Agregāti plāksņveida, loksniētes. Krāsa balta, dzeltena, zaļgani dzeltena. Spīdums perlamut-
ra, zemjainiem agregātiem – matēts. Cietība 3,5. Blīvums 4,25–4,52 g/cm^3 . Minerāls ir rets.

Povelīts ir sekundārs minerāls, veidojas molibdēna rūdu oksidācijas zonās. Līdzīgi veidojas vēl viens šīs grupas minerāls – vulfenīts PbMoO_4 .

Feromolibdīts – $\text{Fe}_2[\text{MoO}_4]_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (sinonīms – molibdēna okers). Sastopams sīkšķiedrainu agregātu, zemjainas un pulverveida masas formā, nereti veido uzsūbējumus. Krāsa pelēcīgi dzeltena, zaļi dzeltena.

Veidojas molibdēna rūdu atradņu oksidācijas zonā. Ir nozīmīgs minerāls molibdēna rūdu meklējumos. Lieli feromolibdīta daudzumi ir zināmi tikai dažās Kazahstānas atradnēs, arī Pervomajiskas atradnē Burjatijā Krievijā.

Līdzīgi veidojas arī retāk sastopamais **feritungstīts** – $\text{Fe}_2[\text{WO}_4][\text{OH}]_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Tas sastopams kā heksagonālas singonijas mikroskopiskas plāksniētes gaiši dzeltenā vai brūni dzeltenā krāsā. Svītra gaiši dzeltena, spīdums stiklains. Minerāla blīvums 5,02–5,2 g/cm^3 . Viegli šķīst skābēs, veidojot dzeltenas WO_3 nogulsnes. Labākie kristāli zināmi ASV (Ditroilas volframa atradne).

4.7. | Fosfātu un arsenātu klase

Lai arī visai atšķirīga ķīmiskā sastāva minerāliem ir savas noteiktas atšķirības, to kopējās iezīmes ir anjonu radikāļu tetradaedriskā forma. Šajā lielajā grupā ietilpst 754 minerāli. No tiem gandrīz visi veidojas eksogēnos apstākļos, izņēmums ir tikai magmatiskos apstākļos veidojušies monacīts un apatīts. Vismazāk pārstāvēti grupā ir vanadāti – zināmi tikai 39 minerāli, un tie ir ļoti liels retums.

4.7.1. | Fosfāti

Šīs klases minerālus nereti klasificē pēc tā, vai minerāls satur vai nesatur kristalizācijas ūdeni. No fosfātu klases minerāliem plašāk izplatīti tikai daži, pazīstamākie ir apatīts un vivianīts.

Monacīts – (Ce, La...) [PO₄]. Pēc sastāva tas ir cērija, lantāna un lantanoīdu fosfāts, bet satur līdz 10% torija oksīda. Kristāli ir monoklinālas singonijas prizmas un plāksnītes, ir sastopams atsevišķu graudiņu un ieslēgumu veidā pegmatītu dzīslās laukšpatos. Krāsa sarkanīgi brūna, dzeltenīgi brūna, zaļgana. Spīdums stiklains. Skaldnība pilnīga. Cietība 5–5,5. Blīvums 4,9–5,5 g/cm³. Minerāls bieži ir radioaktīvs.

Raksturīgi ir sīki brūni plāksnīšveida kristāliņi gneisos un pegmatītos (te to izmēri var sasniegt pat vairākus centimetrus). Atšķirams pēc augstā blīvuma un radioaktivitātes. Ir līdzīgs cirkonam. Slikti šķīst sālsskābē, veidojot baltas nogulsnes.

Veidojas magmatiskos un metamorfisma apstākļos. Granītos ir sastopams sīku izklaidus graudiņu veidā, pegmatītos – kopā ar laukšpatu, ilmenītu un cirkonu.

Monacīts ir ļoti augstvērtīga retzemju elementu un torija rūda. Rūpnieciskos daudzumos sastopams tikai klieknēs, lielākās ir Brazīlijā, Šrilankā, Indijā (Travankoras atradne), pegmatītos – Madagaskarā.

Apatīts – Ca₅[PO₄]₃(F,Cl,OH) (sinonīms – mājīgā fosfora sāls). Tā ir izomorfu minerālu virkne ar kopīgu nosaukumu, bet atkarībā no sastāva īpatnībām tiek izdalīti daudzi makroskopiski nenosakāmi

minerāli. Raksturīgākie ir fluorapatīts $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3\text{F}$ (dabā izteikti dominē), hlorapatīts $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3\text{Cl}$, hidroksilapatīts $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3(\text{OH})$ un oksipapatīts $\text{Ca}_{10}[\text{PO}_4]_6\text{O}$.

Sastopams kā heksagonālas singonijas prizmatiski (heksagonālas prizmas un dipiramīdas dažādas kombinācijas) vai tabletteida kristāli, veido graudainus (cukurveida) vai slēptkristāliskus agregātus. Kristālu izmēri ir ļoti mainīgi – no mikroskopiskiem līdz pat 50 kg smagiem. Krāsa blāvi zaļa līdz spilgti zaļai, dzeltenīgi zaļa, balta, iezilgana, var būt arī citās krāsās vai bezkrāsains. Spīdums stiklains, uz skaldnības virsmām taukains. Cietība 5 (etalons). Trausls. Skaldnība nepilnīga. Lauzums nelīdzens. Blīvums $3,2 \text{ g/cm}^3$. Petrogēns minerāls.

Raksturīga kristālu sešstūru prizmatiska forma, graudainiem agregātiem bieži "cukurveida" izskats, krāsa un cietība.

Veidojas magmatiskos apstākļos un ir sastopams ar kvarcu bagātos (tās sauktajos skābajos) iežos kā akcesorminerāls, bāziskos iežos kopā ar nefelīnu ir petrogēns minerāls (īpaši nefelīna sienītos). Sastopams arī pegmatītu dzīslās kopā ar muskovītu, tomēr vislabākie kristāli veidojas kontakta metamorfisma apstākļos kopā ar diopsīdu, flogopītu, kalcītu un skapolītu.

Pasaulē lielākā apatītu atradne ir Hibīnos (bāziskos nefelīnu iežos). To iegūst minerālmēslu ražošanai, arī ķīmiskai pārstrādei, pēdējos gadu desmitus – arī retzemju elementu ieguvei no apatīta pārstrādes produktiem. Lielākie apatītu resursi koncentrēti Ziemeļāfrikā, Vidējos Austrumos, Ķīnā un ASV. Vērā ņemami ir zināmie apatīta daudzumi Brazīlijā, Kanādā, Krievijā un Dienvidāfrikā.

Gadā pasaulē iegūst aptuveni 137–138 miljonus tonnu. Izpētītie un novērtētie krājumi 2006. gada sākumā sasniedza 50 miljardus tonnu, tajā skaitā 18 miljardus tonnu – ekspluatācijā esošajās atradnēs. Kopējie krājumi pasaulē nav zināmi, tomēr tiek lēsti 300–500 miljardu tonnu apjomā. Pasaules tirgū dominē ASV (27%), Ķīna (18%), Maroka un Rietumsahāra (17%), kā arī Krievija (8%). Šajās aplēsēs netiek iekļauti zemas kvalitātes fosforīti ar zemu fosfāta saturu.

Fosforīti ir sīki dispersu apatīta minerālu saturoši ieži, kas satur vēl kalcīta, kvarca, glaukonīta un citu minerālu piejaukumus. Veidojas biogēnā sedimentācijā. Sastopami parasti konkrēciju vai irdenas,

zemjainas masas veidā. Izmanto minerālmēslu ražošanai, ķīmiskajā rūpniecībā, keramisko izstrādājumu ražošanā un citur. Lielākās atradnes ir Marokā un Alžīrijā, arī Ķīnā, Ukrainā un Krievijā.

Pie kristalizācijas ūdens molekulas saturošiem minerāliem pieder vairāki desmiti minerāli, izplatītākie ir vivianīts, eritrīns, anabergīts, skorodīts, urāna vizliņas un tirkīzs.

Vivianīts – $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$. Veido monoklīnas singonijas prizmatiskus un lapveida kristālus, radiāli starainus agregātus un zemjainu masu ("zilā zeme"). Krāsa no pelēkzilas līdz tumši zilai, gandrīz melnai. Gaisā viegli oksidējas, krāsa kļūst pelēka, gaiši pelēka vai pat balta, minerāls arī drūp un pārvēršas par pulverveida masu. Spīdums stiklains, uz skaldnības virsmām perlamutra. Skaldnība laba, cietība 1,5–2. Blīvums 2,6–2,9 g/cm³.

Raksturīga koši tumši zilā krāsa un zemā cietība, radiāli staraini agregāti.

Veidojas dēdēšanas procesos reducējošā vidē, bieži sastopams kopā ar kūdras un eksogēno dzelzsrūdu slāņiem. Vislabāk pazīstami paraugi no Kerčas dzelzsrūdu atradnes Ukrainā.

Izmanto zilas krāsas ražošanai.

Tirkīzs – $\text{Cu}(\text{Al}, \text{Fe})_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (sinonīms – kallaīts, birjuza). Kristāli ir triklīnas singonijas un dabā ļoti reti. Biežāk tā ir masīva, nierveida, sleptkristāliska masa, sekrēciju formas un dzīslīņas. Krāsa debeszila, zaļi zilgana. Svītra gaiši pelēka, balta. Spīdums vaska, gliemežnīcas lauzums. Cietība 5–6. Blīvums aptuveni 2,7 g/cm³.

Ar dzelzi bagātus (Fe_2O_3 20–21%) tirkīza minerālus sauc par rašleītiem.

Atšķiras pēc krāsas, spīduma, agregātiem. No ļoti līdzīgā hrizokola atšķir ar augstāku cietību.

Veidojas eksogēnos apstākļos dzīslu un brekčiju veidā vulkāniskos iežos, arīdās zonās. Lielākās atradnes ir Irānā (Nišapurā atradne), Afganistānā, Austrālijā, Kazahstānā, Uzbekistānā (Karatjubes atradne) un Sīnāja pussalā (Vadimagaras atradne).

Izmanto juvelierizstrādājumu ražošanā, ir pusedārgakmens.

4.7.2. Arsenāti

Tā ir salīdzinoši reti sastopamu minerālu grupa, kas atšķiras ar lielu daudzveidību un vieglu migrācijas spēju, mainoties ārējās vides apstākļiem. Ir zināmi ļoti daudzi šīs grupas sintētiski veidoti minerāli un to dažādas pārejas formas.

Anabergīts – $\text{Ni}_3[\text{AsO}_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ (sinonīms – niķeļa ziedi). Monoklīnas singonijas kristāliņi ir ļoti reti, sastopami uzsūbējumu un zemjainas sīkdispersas masas veidā. Cietība 2,5. Krāsa – dažādu nokrāsu koši zaļa. Svītra zaļa. Pilnīga skaldnība. Blīvums $3,0 \text{ g/cm}^3$.

■ Raksturīga koši zaļā krāsa un asociācija ar niķeļa arsenīdiem.

Minerāls ir sekundārs oksidācijas zonā no niķeļa arsenīdu rūdām, un tas ir svarīgs atradums, meklējot niķeļa rūdas.

Skorodīts – $\text{Fe}[\text{AsO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (reti lietots sinonīms – ķiploku smakas akmens). Var būt nozīmīgs alumīnija piemaisījums (līdz 7,1%), tad šādu minerālu sauc par alumoskorodītu. Rombiskas singonijas dipiramidālas formas kristāli. Visbiežāk tā ir blīva vai pulverveida masa netīri zaļā vai pelēcīgi zaļā krāsā, retāk – neizteiksmīga pelēkas, netīri baltas krāsas masa. Cietība 3,5. Trausls, laužums nelīdzens. Skaldnība neizteikta, blīvums $3,3 \text{ g/cm}^3$. Veidojas, dēdējot arsenopīrītam oksidācijas zonās arsēna minerālu atradnēs. Lielākās atradnes ir Uzbekistānā (Bričmullas atradne Taškentas apkārtnē), Tadžikistānā (Takelli atradne) un Krievijā (Kočkarskas atradne Dienvidurālos).

Eritrīns – $\text{Co}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ (sinonīmi – kobalta ziedi, kobalta vizla, sarkanā kobalta rūda). Pareizi minerāls būtu jāsauc par eritrītu (kopš oficiālas minerāla apstiprināšanas 1959. gadā). Kristāli ir monoklīnas singonijas prizmatiski, agregāti adatveida vai sīku plāksnīšu veidā, visbiežāk veido zemjainu masu. Krāsa ir ļoti raksturīga aveņsārta, retāk tumši sārta ("persiku sārta"). Svītra gaiši sarkana. Spīdums stiklains, uz skaldnības virsmām – perlamutra. Cietība 1,5–2,5, zemjainā masā var būt daudz zemāks (pat 1). Skaldnība izteikta vienā virzienā, blīvums $2,95 \text{ g/cm}^3$.

■ Raksturīgākās atšķirības pazīmes – košā aveņsārtā krāsa, zemjaini agregāti un asociācijas ar kobalta arsenīdiem: kobaltīnu, smaltīnu

un citiem. Kausējot ar pūšamo caurulīti, var iegūt pelēku lodīti ar raksturīgu ķīpoku smaržu, minerāls krāso liesmu gaiši zilu. Ļoti raksturīgas ir tumši zilas stiklveida pērles, ko veido minerāls kopā ar boraku un fosfora sāli. Minerāls šķīst sālsskābē un krāso šķīdrumu gaiši sārtā krāsā.

Veidojas, dēdējot arsenopirītam oksidācijas zonā arsēna minerālu atradnēs. Pazīstamākās atradnes ir Daškesana (Azerbaidžānā) un Akdžila (Tadžikistānā).

4.7.3. Uranilfosfāti un uranilvanadāti

Urāna vizliņas. Tas ir kopīgs nosaukums vairāk nekā divdesmit dabā sastopamiem urāna kristalizācijas ūdeni saturošiem fosfātiem, arsenātiem un vanadātiem. Tiem raksturīgs ķīmiskais sastāvs ar kopīgām grupām $[\text{UO}_2]^{2+} - [\text{PO}_4, \text{AsO}_4]^{3-}$ un $[\text{UO}_2]^{2+} \cdot [\text{V}_2\text{O}_8]^{6-}$ un arī vairākām ūdens molekulām. Kopā ir 85 tikai laboratorijas apstākļos nosakāmi minerāli.

Izplatītākie ir torbernīts – $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 11(\text{H}_2\text{O})$, autenīts (sinonīms – otenīts) – $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 12(\text{H}_2\text{O})$, tjujamunīts (angliski *tyuyamunite*) – $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{VO}_4)_2 \cdot 6(\text{H}_2\text{O})$, karnotīts – $\text{K}_2(\text{UO}_2)_2(\text{VO}_4)_2 \cdot 3(\text{H}_2\text{O})$. To kopējā iezīme ir tetragonālas un rombiskas singonijas minerālu kristāli. Vizlām tos tuvina plāno plāksnīšu, zvīņveida agregāti, pilnīga skaldnība vienā virzienā. Retāk sastopamas konkrēcijas, nierveida formas un uzsūbējumi. Visi šie grupas minerāli ir stipri radioaktīvi. Krāsa dzeltena, ieaļgana, bet vienmēr ļoti spilgta. Spīdums perlamutra. Cietība 1–2,5. Blīvums 3–4,5 g/cm³. Minerāli veidojas urāna atradņu oksidācijas zonā un ir kopā ar uraninītu, karbonātiem, barītu un citiem minerāliem.

Minerāla klātbūtne ir svarīga pazīme, meklējot urāna atradnes.

4.8. Silikātu klase

Pēc minerālu skaita, izplatības un nozīmes silikātu klasi var uzskatīt par galveno minerālu klasi. Tajā ietilpst 1116 kristāliskas uzbūves minerālu, kuri kopā veido 80% no visas Zemes garozas masas, tajā skaitā 12% – kvarcs un laukšpatī. Daudzi no tiem veido ļoti svarīgu derīgo izrakteņu atradnes. Fizikālo īpašību un ķīmiskā sastāva dēļ

tos augstu vērtē dažādās rūpniecības un tehnikas nozarēs, nereti izmanto arī kā dārgakmeņus un dekoratīvos akmeņus.

Lielākā daļa silikātu ir sarežģīti katjonu un daudzveidīgu anjonradikāļu kompleksi, kurus vēl vairāk sarežģīt silikātu klasē sevišķi bieži novērojamā atsevišķu jonu un radikāļu izomorfa aizvietošanās ar citiem, cieto šķīdumu veidošanās un citu minerālu daļiņu mehāniski piejaukumi. Šo īpatnību dēļ noskaidrot silikātu minerālu uzbūvi un sastādīt to formulas tikai pēc ķīmiskās analīzes datiem vien bieži nemaz nav iespējams. Lai to izdarītu, jānoskaidro, kāda ir minerālu kristāliskā režģa uzbūve, jāuzzina, kādā veidā savstarpēji saistīti ķīmiskie elementi, kas veido šo režģi, kā tie izvietojas starp citiem elementiem un tamlīdzīgi, jo uz šīm īpatnībām balstās arī silikātu minerālu klasifikācija.

Galvenie jebkura silikātu minerāla uzbūves elementi ir anjongrupas $[\text{SiO}_4]^{4-}$. Tie ir silīcija un skābekļa tetraedri (Si-O tetraedri), kuru centrā novietoto Si^{4+} jonu no visām pusēm vienmērīgi aptver četri O^{2-} joni, veidojot noslēgtu telpisku tetraedra formas ģeometrisku ķermeni ar vienu O^{2-} jonu katrā šā tetraedra virsotnē.

Četrvērtīgajam Si^{4+} jonam tieši saistoties ar katru no tam apkārt izvietotajiem divvērtīgajiem O^{2-} joniem, katrā tetraedra virsotnē paliek pa vienai brīvai skābekļa valences saitei, ar kurām tas savukārt var piesaistīt citus jonus vai arī citus Si-O tetraedrus. Tādējādi tiek veidoti dažādi salikti Si-O anjonradikāļi tetraedru kombināciju veidā. O^{2-} jonu saistījums tetraedros ar silīciju ir daudz ciešāks nekā ar citu metālu katjoniem, tāpēc tie vienmēr saglabājas kā patstāvīgas minerāla uzbūves pamatvienības, starp kurām brīvajā telpā novietojas ar tām saistītie metālu katjoni, hidroksilgrupas un citi joni, kas ietilpst minerālu sastāvā.

Daudzas silikātu īpašības ir atkarīgas no tā, vai Si-O tetraedri minerālā atrodas atsevišķu izolētu $[\text{SiO}_4]^{4-}$ grupu veidā vai arī, savienojoties savā starpā, veido dažādu tipu saliktās anjongrupas, un kāds ir šo salikto anjongrupu veids. Atkarībā no šīm pazīmēm izdala vairākus silikātu struktūras tipus. Visus silikātus pēc uzbūves iedala apakšklasēs, par pamatu ņemot struktūras tipu.

Salu struktūras tipa minerālos Si^{4+} un O^{2-} joni veido "salas" – vai nu atsevišķus, izolētus $[\text{SiO}_4]^{4-}$ tetraedrus, vai arī divu kopā savienotu tetraedru grupas $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$, kurās viens O^{2-} jons ir kopīgs abiem tetraetriem.

Gredzenu struktūra atbilst silikātiem, kuros trīs, četri vai seši Si-O tetraedri saistīti cits ar citu noslēgtu gredzenu veidā. Tā veido tie anjonradikāļi iegūst attiecīgi šādu izteiksmi: $[\text{Si}_3\text{O}_9]^{6-}$, $[\text{Si}_4\text{O}_{12}]^{8-}$ un $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]^{12-}$.

Ķēdīšu struktūras silikātos Si-O tetraedri, savienojoties cits ar citu, veido nevis noslēgtus gredzenus, bet nepārtrauktas tetraedru ķēdītes. Anjonradikāļu ķīmiskā formula parasti ir $[\text{Si}_2\text{O}_5]^{4-}$, retāk $[\text{SiO}_3]^{2-}$.

Lentu struktūras minerālos divas blakus novietojušās Si-O tetraedru ķēdītes savienojoties veido izstieptas formas tetraedru sistēmas dubultotu ķēdīšu – lentu – veidā. Šādā gadījumā anjonradikāļa formula ir $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]^{6-}$.

Lapveida jeb slāņu struktūras silikātos Si-O tetraedri cits ar citu saistās nevis ar divām, bet trim virsotnēm, veidojot plakanus, divu dimensiju tetraedru slāņus – “lapas” – heksagonāla tīkla veidā. Šāda salikta radikāļa ķīmiskā formula ir $[\text{Si}_4\text{O}_{10}]^{4-}$. Katrs tetraedrs satur tikai vienu aktīvu O^{2-} jonu. Raksturīgi, ka tie vienmēr novietojas vienā tetraedru slāņa pusē, veidojot tur īpašu aktīvo slāni, ar kura palīdzību lapveida anjonradikālis saistās ar metālu katjoniem un hidroksilgrupu.

Karkasa struktūras silikātos Si-O tetraedri savienojas visos trīs telpiskajos virzienos, savstarpēji saistoties visām četrām tetraedru virsotnēm. Ja tetraedru sastāvā ietilptu tikai silīcijs un skābeklis, rastos SiO_2^0 tipa anjonradikālis (kam atbilst minerāls kvarcs – SiO_2), kas būtu elektrostātiski neitrāls un nespētu saistīt minerāla sastāvā citus ķīmiskos elementus. Tomēr karkasa silikātu anjonradikāļi ķīmisko valenci saglabā, jo daļa tetraedros saistīto Si^{4+} jonu vienmēr aizvietojas ar Al^{3+} joniem, bet kopējais O^{2-} jonu skaits karkasā paliek nemainīgs. Šīs struktūras anjonradikāļi tāpēc iegūst izteiksmi $[\text{Al}_m\text{Si}_n\text{O}_{2(m+n)}]^{m-}$.

Si^{4+} jonu aizvietošana Si-O tetraedros ar Al^{3+} jonu (daudz retāk ar Fe^{3+} , Cr^{3+} un citiem joniem) nereti notiek arī citu struktūras, sevišķi gredzena un lapveida, minerālos. Šādus minerālus sauc par alumosilikātiem, ferosilikātiem utt.

Salu struktūras silikāti parasti veido graudainus agregātus. Lielākā daļa šo minerālu ir cieti, blīvi, no tiem olivīns, granāti, andaluzīts, epidots un kordierīts ir kardinālie minerāli.

Olivīns – $(\text{Mg}, \text{Fe})_2 [\text{SiO}_4]$. Minerāls ir raksturīgākais izomorfās minerālu rindas forsterīts $\text{Mg}_2[\text{SiO}_4]$ – fajalīts $\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]$. Minerāla kristāli ir rombiskas singonijas graudaina un blīva masa un atsevišķi kristāli iežu masā (piemēram, olivīna bazaltos un kimberlītos). Krāsa gaiši dzeltena, zaļgandzeltena, retāk bezkrāsaina, zaļa vai zaļgani melna. Spīdums stiklains vai taukains. Cietība 6,5–7. Skaldnība vidēja vai vāji izteikta. Blīvums atkarībā no sastāva 3,0–3,9 g/cm³.

Labi pazīstams minerāla paveids ir caurspīdīgs zaļgani zeltains olivīns – hrizolīts. Literatūrā ļoti bieži kļūdaini tiek aprakstīti hrizolīti Urālos upju kļiednēs, kas patiesībā ir cits minerāls – demantoīds.

Raksturīga krāsa un nelīdzens laužums, stiklains spīdums un graudaini agregāti, viegli šķīst skābēs (pat etiķskābē), veidojot želejveida kramskābes nosēdumus, sastopams kopā ar serpentīnu un piroksēniem. Blakus pazīme: olivīni efuzīvos iežos veido īsus prizmatiskus kristālus, intruzīvos iežos – graudainu masu. Visgrūtāk atšķirt no piroksēniem – droši nosakāms pēc skaldnības, kas ir labi izteikta piroksēniem divos virzienos, bet olivīniem ir vāji izteikta.

Veidojas tikai magmatiskos procesos, kristalizējoties magmai ar ļoti nelielu kvarca un alumosilikātu daudzumu. Olivīns ir galvenais petrogēnais minerāls dunītos (vairāk nekā 80% veido olivīns), peridotītos tas ir dominējošs minerāls kopā ar piroksēniem, ļoti daudz olivīna ir arī gabro, bazaltos un kimberlītos. Šajos iežos olivīna pavaidoņi ir hromīts, magnetīts, platīns un bāziskie plagioklāzi.

Olivīnam dēdējot, veidojas jauni minerāli – serpentīns, azbests, talks, hlorīts, dzelzs oksīdi, hidrovizlas, magnēzīts un citi.

Nereti izmanto kā būvakmeni, bet daudz vērtīgāks tas ir kā ugunsdrošs materiāls. Hrizolīts ir dārgakmens.

Granāti – minerālu grupa, kas apvieno sešus minerālus ar kopējo formulu $\text{R}_3^{2+} \text{R}_2^{3+} [\text{SiO}_4]_3$, kurā R^{2+} ir Ca, Mg vai Fe^{2+} , bet $\text{R}^{3+} = \text{Al}, \text{Fe}^{3+}$

vai Cr. Visi tie ir kubiskas singonijas rombododekaedri un tetragon-trioктаedri vai šo formu kombināciju kristāli.

Visizplatītākais šīs grupas minerāls ir **almandīns** – $\text{Fe}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$. Tas veidojas galvenokārt metamorfisma, retāk pegmatītu veidošanās, procesos, un tas sastopams iežos kā atsevišķi kristāla graudi ar raksturīgu kubiskas singonijas ieapaļu formu. Krāsa brūngani vai violeti sarkana, svītra balta. Spīdums stiklains, uz laužuma virsmām nereti taukains. Cietība 7–8, skaldnība vāja, laužums nelīdzens. Blīvums 3,4–4,3 g/cm³.

Raksturīga kristālu forma, krāsa, liela cietība un blīvums, atrašanās iežos atsevišķu graudu veidā, bieži taukains spīdums.

Grosulārs – $\text{Ca}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$. Krāsa gaiši zaļa vai zaļi brūna. Raksturīgi minerāli skarnos (kontaktzonā ar kaļķakmeņiem).

Andradīts – $\text{Ca}_3\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]_3$. Krāsa brūna, sarkana, zaļi brūna. Sastopams skarnos un slānekļos. Raksturīga varietāte – demantoīds – caurspīdīgs gaiši zaļš andradīts (satur 1,5% Cr_2O_3), tas ir augstvērtīgs dārgakmens, plaši zināms Nižņijtagilas rajonā Urālos Krievijā. Otra reta varietāte – melanīts – melns andradīts (satur TiO_2).

Uvarovīts – $\text{Ca}_3\text{Cr}_2[\text{SiO}_4]_3$. Krāsa smaragdzaļa. Veido sīkkristālis-kas garoziņas uz hromīta kristāliem. Rets minerāls. Labi kristāli zināmi tikai dažās vietās, piemēram, Sranovskas atradnē Ziemeļurālos Krievijā.

Spesartīns – $\text{Mn}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$. Krāsa sarkanīga, sārtā, dzeltenīgi brūna. Sastopams pegmatītos un kristāliskos slānekļos, piemēram, Karēlijā un Austrumsibīrijā Krievijā.

Bieži sastopams arī granāts **pirops** – $\text{Mg}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$. Krāsa koši sarkana līdz tumšsarkanai, dažreiz pat melnai. Sastopams tikai ultrabāziskos, ar magniju bagātos iežos. Raksturīgs kimberlītiem.

Tipiskas pazīmes ir graudu izometriskā forma, cietība, blīvums, skaldnības trūkums, krāsas un paraģenēzes.

Granātiem, kas veidojušies metamorfisma apstākļos, ir asociācijas ar biotītu, muskovītu, distēnu un hlorītu. Skarnos (kontakta metamorfisma ieži) visbiežāk sastopami grosulārs un andradīts kopā ar salītu, hedenbergītu, vezuviānu, epidotu, šēlītu, magnetītu, dzelzs,

vara, svina un cinka sulfīdiem. Granātu skarni ir bagāta volframa rūda. Retāk granāti sastopami skābos magmatiskos iežos (granītos) un pegmatītu dzīslās.

Granāti ir noturīgi pret dēdēšanu un ir sastopami klieknēs, to starp visai attālu no to pirmatnējiem iežiem.

Granātus visvairāk izmanto abrazīvo materiālu ražošanā. Caurspīdīgi, sarkani un zaļi granāti var būt vērtīgi pusdārgakmeņi.

Cirkons – $Zr[SiO_4]$ (sinonīms – hiacints jeb zelta zieds). Visbiežāk sastopami kā iežos ieslēgti īsi tetragonālas singonijas prizmatiskas vai dipiramidālas formas labi veidoti kristāli. Krāsa zeltaina, gaiši dzeltena līdz brūnai, retāk oranža, sarkana, zaļa vai pelēka. Spīdums dimanta, reti skaldnēm – taukains. Cietība 7,5–8. Skaldnības nav. Blīvums 4,68–4,80 g/cm³. Bieži satur piemaisījumos hafniju, toriju un retzemju elementus.

Raksturīga kristālu forma un augsta cietība, arī krāsa, spīdums un augsts blīvums.

Veidojas magmatiskajos procesos izvirdumiežos (granītos un sienītos), sastopams arī bāziskās pegmatītu dzīslās (raksturīgi ļoti lieli – lielāki par dažiem centimetriem – kristāli). Raksturīgas asociācijas ar laukšpatiem, apatītu, sfēnu, nefelīnu, melno vizlu (lepidomelānu), retzemju elementu, arī torija, niobija un tantāla minerāliem.

Pret mehānisko dēdēšanu cirkons ir ļoti noturīgs. Raksturīgs kliepņu minerāls, kur to iegūst kopā ar monacītu.

Lielākās atradnes ir ASV (Grīnkovspringsas, Lulatonas un Oldhikorimainas atradnes), Austrālijā, Dienvidāfrikā, Ukrainā un Krievijā.

Izmanto ugunsizturīgu un pret skābēm izturīgu materiālu ražošanā un metalurģijā. Kā blakusproduktu no cirkona iegūst hafniju. Pasaulē gadā iegūst vidēji 860 tūkstošus tonnu (kopā ar 30–35 tonnām ķīmiski tīra hafnija). Dominē divas eksportētājvalstis – Austrālija (52% pasaules tirgus 2005. gadā) un Dienvidāfrika (35%). Pasaulē apzinātie cirkona resursi tiek vērtēti aptuveni 72 miljonu tonnu tīra cirkona koncentrāta (1,1 miljons tonnu hafnija), no tiem 60 miljoni tonnu ir izpētīti un komerciāli novērtēti, tajā skaitā 38 miljoni tonnu ekspluatācijā esošajās atradnēs.

Topāzs – $Al_2[SiO_4](F,OH)_2$. Sastopami parasti kā samērā labi veidoti rombiskas singonijas prizmatiskas formas kristāli. Caurspīdīgs.

Pilnīgi bezkrāsaini paraugi reti, parasti tie viegli iekrāsoti dažādos dzeltenos, zilos, zaļos, rožainos vai violetos toņos. Spīdums stiklains, cietība 8 (etalons), skaldnība laba perpendikulāri kristālu prizmu garajai asij. Blīvums 3,4–3,6 g/cm³.

Pēc izskata līdzīgs kvarcam, bet atšķiras no tā ar skaldnību un lielāku cietību.

Veidojas galvenokārt hidrotermālos procesos, sastopams arī pegmatītos. Izmanto kā dārgakmeņus, arī precīzo aparātu būvē.

Distēns – Al₂[SiO₄]O (sinonīms – kianīts). Kristāli ir triklīnas singonijas stipri izstiepti, dažreiz sāniski saplacināti vai liektas formas. Krāsa gaišzila, zila, dažkārt zaļgana, ļoti reti bezkrāsas. Spīdums stiklains, uz skaldnības virsmām dažreiz perlamutra spīdums. Cietība uz atsevišķām kristālu skaldnēm un atšķirīgos virzienos nevienāda – paralēli kristāla garenasij 4,5; šķērsvirzienā – 6 vai 7. Trausls. Skaldnība pilnīga. Blīvums 3,6 g/cm³.

Raksturīga krāsa un kristālu forma, spīdums, visai izteikta atšķirīga cietība kristāliem dažādos virzienos.

Veidojas metamorfisma procesos. Raksturīgs petrogēns minerāls distēna – granāta, vizlas – distēna un citos slānekļos. Šeit distēna pavadoņi ir vizlas, granāti, korunds, andaluzīts un citi minerāli.

Izmanto ierobežoti ugunsizturīgu materiālu ražošanā.

Andaluzīts – Al₂[SiO₄]O. Sastopams rombiskas singonijas stabveida prizmatiskas formas kristālu, radiāli starainu un graudainu agregātu veidā. Krāsa pelēka, dzeltena, brūngana, sārtā. Spīdums stiklains. Cietība 7–7,5. Skaldnība laba. Blīvums 3,1–3,2 g/cm³. Zināms paveids – andaluzīts ar krustveida vai četrstūra zīmējumu šķērsgriezumā – hiastolīts.

Raksturīgs nelīdzens, skabargains lauzums, liela cietība un kristālu prizmatiskā, šķērsgriezumā taisnstūra forma. Diagnostikā svarīga ir arī tipiskā sārtā krāsa un saistība ar māla un ragmāņa slānekļiem.

Veidojas metamorfisma procesos, īpaši raksturīgi metamorfizētu ogļu un vizlas slānekļos, kontaktzonās starp magmatiskiem iežiem un slānekļiem. Raksturīgi pavadoņminerāli ir vizlas, granāti un korunds.

Izmanto ļoti augstvērtīga porcelāna ražošanā. Iegūst tikai dažās atradnēs kopā ar korundu.

Silimanīts – $Al[AlSiO_5]$. Rombiskas singonijas kristāli, bieži šķiedraini, adatveida. Krāsa pelēki brūna līdz pelēkai ar zaļganu nokrāsu. Skaldnība labi izteikta, spīdums stiklains. Cietība 6,5–7. Blīvums 3,23–3,25 g/cm³.

Nosakāms pēc ārējā izskata – kristāli gaiši smalki, izstiepti, visbiežāk – metamorfiskos iežos.

Raksturīgs minerāls tikai dziļi metamorfizētiem, ar alumosilikātiem bagātiem iežiem (gneisiem, kristāliskiem slānekļiem) kopā ar kordierītu, biotītu un kvarcu.

Vērtīga izejviela keramisko izstrādājumu ražošanā. Lielākās atradnes ir senajos arhaja vecuma vairogos.

Silikāti ar savienotiem tetraedriem $[Si_2O_7]^{6-}$ un jauktām struktūrām $[SiO_4]^{4-} + [Si_2O_7]^{6-}$

Vezuvianīts – aptuvenā formula $Ca_{10}(Mg,Fe)_2Al_4[SiO_4]_5[Si_2O_7]_2(OH)_4$ (sinonīms – vezuviāns, viluīts). Kristāli tetragonālas singonijas prizmatiski (izstiepti vai īsprizmatiski), nereti piramidāli. Visbiežāk prizmas, dipiramidālas un piramidālas formas. Agregāti šķiedraini, graudaina masa. Dažādu nokrāsu zaļa krāsa – no ļoti gaiši dzeltenzaļas līdz tumši zaļi brūnai. Spīdums stiklains. Trausls. Skaldnība nav izteikta, laužums nelīdzens. Cietība 6,5. Blīvums 3,4 g/cm³. Masīvos agregātos ir līdzīgs epidotam.

Zināma varietāte – viluīts – raksturīgas formas vezuvianīts.

Tiek noteikts pēc raksturīgās zaļās krāsas, tetragonāliem prizmatiskiem kristāliem, trausluma, neizteiktas skaldnības un paraģenēzes.

Raksturīgs skarnu minerāls, sastopams kopā ar kalcītu, diopsīdu, granātiem, epidotu, volastonītu un hlorītu.

Ļoti reti tiek izmantots kā berilija rūda (BeO līdz 9,2%).

Epidots – $Ca_2(Al,Fe)_3O(OH)[SiO_4][Si_2O_7]$. Monoklīnas singonijas garenī prizmatiski, šķiedrveida, nereti arī dvīņu kristāli. Veido prizmatisku vai tabletveida kristālu drūzas, arī graudainus, radiāli starainus

un paralēli kārsveida agregātus. Krāsa parasti olīvzaļa, dzeltenī zaļa ar dažādām nokrāsām. Spīdums tipiski stiklains. Cietība 6,5. Skaldnība laba. Blīvums 2,5–3,5 g/cm³. Loti izplatīts metamorfo iežu karidināls minerāls.

Raksturīga krāsa, stiprs spīdums, labi veidotiem kristāliem ļoti daudzas vienā virzienā izstieptas skaldnes. Bieži kristāliņiem viegli pamanāms švīkojums paralēli garākajai kristāla skaldnei. Atšķirīga pazīme – pētot ar lupu, vērojamas anormāli intensīvas oranžas, dzeltenas, zaļas un zilās interferences krāsas.

Veidojas skarnos kopā ar granātiem, kalcītu, kvarcu un diopsīdu. Ļoti raksturīgs minerāls bāziskos efuzīvos iežos un metamorfiskos iežos kopā ar hlorītu un amfiboliem (veido nereti par zaļakmens slānekļiem sauktos iežus), labi kristāli zināmi arī Alpu tipa dzīslās.

Ciozīts – Ca₂Al₃[SiO₄][Si₂O₇]O(OH). Rombiskas singonijas epidota grupas minerāls ar ļoti zemu dzelzs saturu. Kristāli ir prizmatiski, raksturīgi gareniski švīkoti, retāk graudaina masa. Krāsa pelēka, iezalģana. Spīdums stiklains. Cietība 6–6,5. Blīvums 3,3 g/cm³.

Zināmas vairākas varietātes, pazīstamākā ir sosurīts – sīkgraudains ciozīts kopā ar albītu vai sericītu.

Minerāls ir droši nosakāms tikai mikroskopā pēc tā optiskajām konstantēm.

Veidojas metamorfisma apstākļos, hidrotermām pārveidojot iežus, kas bagāti ar plagioklāzu. Parasti kopā ar amfiboliem. Raksturīgs metamorfizētu slānekļu, amfibolītu un izvirdumiežu minerāls.

Alanīts – (Ca,Ce)₂(Al,Fe)₃[SiO₄]₅[Si₂O₇]O(OH) (sinonīms – ortīts). Monoklīnas singonijas plākšņveida epidota grupas minerāls, kas satur retos elementus – cēriju, lantānu, itriju un arī toriju. Raksturīga sārta krāsa taisnstūra prizmu garenajām skaldnēm, paši kristāli ir darvas melni, tumši brūni un melni. Svītra pelēcīgi brūna. Skaldnība neizteikta divos virzienos. Spīdums sveķains un taukains. Cietība 5,5–6. Blīvums 4,1 g/cm³. Minerāls ir radioaktīvs.

Nosakāms pēc darvas melnas vai tumši melnas krāsas, plākšņveida kristālu formas, radioaktivitātes. To atrod granītos un pegmatītos.

Veidojas magmatiskos apstākļos, ir akcesorminerāls skābos intruzīvos iežos. Visraksturīgākie ir ortīta kristāli pegmatītos, kur to izmēri var sasniegt vairākus desmitus centimetru (Ilmeņa kalni un Sļudjankas atradne Piebaikālā Krievijā).

Hemimorfīts – $Zn_4[Si_2O_7](OH)_2 \cdot H_2O$. Rombiskas singonijas sīki tāfēlīšveida un iežu plākšņu vai prizmatiski kristāli. Bieži sastopami drūzu, sīkkristālisku garoziņu (tukšumos) agregātos, reti – nierveida un notecējumu formā.

Krāsa gaiši balta, gaiši dzeltena, ļoti gaiši zilgans vai pat bezkrāsains. Spīdums stiklains. Cietība 5. Blīvums $3,5 \text{ g/cm}^3$.

Ļoti grūti pareizi nosakāms minerāls, visbiežāk atpazīstams pēc gaišziliem kristāliņiem plānās garoziņās cinka atradņu oksidācijas zonās.

Veidojas eksogēnos apstākļos polimetālu rūdu atradņu oksidācijas zonā, dēdējot sfalerītam. Tur tas ir kopā ar smitsonītu, cerusītu, limonītu, kalcītu, dolomītu, svina un cinka sulfīdiem.

Ļoti reti, ja tiek atrasti lieli hemimorfīta daudzumi, to pārstrādā kopā ar smitsonītu kā cinka rūdas (kompleksās cinka jeb halmeina rūdas).

4.8.2. Gredzenu struktūras silikāti

Gredzenu struktūras silikātu minerāli no iepriekšējiem atšķiras ar mazāk izometriskām, nereti īsi prizmatiskām vai stabveida kristālu formām. Minerāliem raksturīga vāja skaldnība vienā vai vairākos virzienos. Krāsa minerāliem ir ļoti dažāda, tomēr bezkrāsaini kristāli ir ļoti reti. Blīvums zems, spīdums vienmēr stiklains, dažreiz uz skaldnības virsmām perlamutra spīdums.

Berils – $Be_3Al_2[Si_6O_{18}]$. Kristāli heksagonālas singonijas prizmatiski, stabveida, visbiežāk heksagonālas prizmas un pinakoīda kombinācija, nereti virsotne vēl komplicētāka – ar raksturīgu dipiramīdu. Visbiežāk atsevišķu kristālu veidā, to izmēri var būt visai iespaidīgi – līdz vairākiem desmitiem kilogramu smagi (lielākais – 380 tonnu smags berila kristāls – atrasts Mjuko atradnē Kolumbijā). Krāsa zaļa, dzeltenī zaļa, zilgana, balta, sārtā. Stiklains spīdums. Lauzums nelīdzens. Cietība 7,5–8. Blīvums $2,7 \text{ g/cm}^3$.

Zināmas vairākas varietātes. Caurspīdīgs dažādu nokrāsu koši zaļš tiek saukts par smaragdu, zilganas un vieglas zilgani zaļas krāsas caurspīdīgs – par akvamarīnu.

Raksturīgas pazīmes: heksagonāli prizmatiski kristāli, gaiši zaļa krāsa, augsta cietība, kā arī paraģenēze ar citiem augstas temperatūras pegmatītu minerāliem.

Ārpus mūsdienīgas laboratorijas berils nav atšķirams no citiem grupas minerāliem – bazīta, indianīta, stopanīta, pezotaīta un minerāliem, kas pieder pie skaitliski lielas lavozerīta grupas.

Veidojas pegmatītu dzīslās kopā ar laukšpatiem, kvarcu, muskovītu un turmalīnu. Ir ļoti svarīgs berilija rūdu rūpnieciskais tips. Raksturīgi ir berila kristāli greizenos un augstas temperatūras hidrotermālās dzīslās kopā ar topāzu, volframītu, kasiterītu un molibdenītu.

Lielākās dārgakmeņu pegmatītu atradnes ir ASV (Menas un Ņūhempšīras pavalstīs), Kolumbijā (Mjuso atradne), Brazīlijā (Santa Taraziņja), Krievijā (Urālos), Dienvidāfrikā, Madagaskarā. Akvamarīna atradnes ir Brazīlijā (Minasžeraisas atradne) un Krievijā (Aizbaikālā).

Tiek izmantots par svarīgu berilija rūdu turpmākai izmantošanai speciālu šķirņu tērauda, vieglu magnija un alumīnija sakausējumu iegūšanai. Svarīga berilija izmantošanas joma ir kodoltehnika. Smaragdus un akvamarīns ir dārgakmeņi.

Kordierīts – $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{Al}_3 [\text{AlSi}_5\text{O}_{18}]$. Rombiskas singonijas prizmatiski, pseudoheksagonāli kristāli, tomēr gandrīz vienmēr veido blīvu viendabīgu masu un nepareizas formas graudu ieslēgumu veidā. Krāsa dažādu nokrāsu zila vai violeta, arī bezkrāsains, bieži pelēcīgs. Cietība 7–7,5. Stiklains spīdums. Skaldnība vāja vai vidēja, gliemežnīcas laužums. Blīvums 2,6–2,7 g/cm³.

Makroskopiski grūti nosakāms, no izskata līdzīgā kvarca atšķiras ar krāsu un nedaudz lielāku cietību. Vieglāk atpazīstams iezī, kur tas atrodams kvarcam neraksturīgos iezos – amfibilītos un metamorfos slānekļos.

Veidojas metamorfisma, arī efuzīvos procesos, visbiežāk atrodams gneisos, kristāliskos slānekļos, amfibolītos kopā ar plagioklāziem, ragmāņiem, silimanītu, andaluzītu un biotītu. Efuzīvos iezos

(trahītos un andezītos) sastopams reti, jo viegli pārveidojas vizlveida un talkam līdzīgos dēdēšanas produktos.

Turmalīns – $(\text{Na}, \text{Ca})(\text{Li}, \text{Mg}, \text{Al})_3(\text{Al}, \text{Fe}, \text{Mn})_6(\text{OH})_4(\text{BO}_3)_3[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$. Tā ir liela minerālu – gredzenveida struktūras borātsilikātu – grupa. Minerāli veido pilnīgu izomorfo maisījumu aizvietojamību, kur mainīgās komponentes ir kalciji, magnijs, litiji un dzelzs. Šo elementu klātbūtne un ar tiem saistīto silikātgrupu skaits nosaka visai atšķirīgas atbilstošo kristālisko vielu īpašības. Kalciju saturošos turmalīnus sauc par šerlu, magniju saturošos – par dravītu, litiju saturošos – par elbaītu. Mazāk pazīstami un tikai laboratorijas apstākļos nosakāmi ir šādi turmalīna grupas minerāli: buergīts, hromdravīts, feruvīts, foi-tīts, lidikoatīts, olenīts, povondraīts, uvīts un vanadiumdravīts. Šajā nozīmē nosaukums turmalīns vienmēr tiek lietots kā apkopojošs apzīmējums jeb savācējvārds, kas, minerālu nosakot, tiek lietots, ja minerāla ķīmiskais sastāvs nav zināms.

Turmalīna trigonālas singonijas kristāliem raksturīgas ir stipri izstieptas prizmas formas, kas šķērsriezumā veido ieapaļu jeb sfērisku trīsstūri. Gandrīz vienmēr ir arī ditrigonālas prizmas un piramīdas, retāk – arī monoedri. Agregāti parasti radiāli staraini (“turmalīna saulītes”), adatveida, šķiedrveida, arī kā atsevišķi kristāli, bieži tā ir graudaina masa. Ļoti raksturīgs ir kristāla prizmu švīkojums paralēli prizmu garenajām skaldnēm. Kristālu garums var sasniegt 30–40 cm, tomēr izteikti dominē tieši mazu izmēru kristāliņi un graudiņi. Krāsa visbiežāk melna, arī brūna, rožaina, zaļa, zila. Nereti viena un tā paša kristāla atsevišķas daļas var būt dažādās krāsās. Trausls. Svītra balta. Cietība 7,5–8. Skaldnības nav. Blīvums 2,9–3,2 g/cm³. Kristāliem piemīt piroelektriskas un pjezoelektriskas īpašības.

Zināmi vairāki turmalīna paveidi, kam nosaukums tiek dots pēc dominējošās krāsas. Tumši sarkans turmalīns ir rubelīts (sinonīms – Sibīrijas rubīns), melns – šerls, tumši zils – indigolīts, tumši brūns – dravīts, bezkrāsains un balts – elbanīts (sinonīms – ahrōīts). Dabā ir sastopami arī zaļi turmalīni un daudzkrāsu (polihromi) turmalīna kristāliņi, taču tiem nav savu nosaukumu.

Raksturīgs rupjš svītrojums uz kristāla skaldnēm paralēli to gareniskajai asij, kristālu šķērsriezuma forma, augsta cietība un dažreiz zonālais nokrāsojums. Nosakot ir jāņem vērā arī gliemežnīcas

lauzums un paraģenēze. Lielākā turmalīna kristālu daļa ir melna (šerli), ļoti reti ir sastopami citu nokrāsu kristāli – gandrīz vienmēr tikai pegmatītos kopā ar cēzija, litija, berilija, tantala un niobija minerāliem.

Visbiežāk veidojas pegmatītos kopā ar laukšpatiem, kvarcu, muskovītu un biotītu. Krāsaini turmalīni raksturīgi tikai reto metālu pegmatītiem, kur tie sastopami kopā ar albītu, lepidolītu, berilu, spodumenu un kolumbītu. Turmalīns ir raksturīgs arī skarnu minerāls, kur tas sastopams kopā ar kasiterītu (pneimatolītisko procesu veidojumos), hidrotermālos apstākļos veidojušos rūdu minerālu dzīslās, kā arī dažos metamorfos un kontakta iežos.

Turmalīna piroelektriskās un pjezoelektriskās īpašības izmanto elektrotehnikā un radioelektronikā. Mūsdienās dabiskos kristālus šajās nozarēs aizstāj ar mākslīgi sintezētiem kristāliem. Joprojām augstu tiek vērtēti turmalīna kristāli kā dārgakmeņi (īpaši rubelīts). Ir zināmi vairāki gadījumi, kad turmalīna graudainā masa ir izmantota par bora izejvielu (turmalīnā ir 8–12% B_2O_3).

Labi izteikti kristāli lielā daudzumā zināmi Krievijā, Mozambikā, Afganistānā un Brazīlijā.

Staurolīts – $(Fe,Mg)_2Al_9(Si,Al)_4O_{20}(O,OH)_4$. Sastopams kā rombisikas singonijas atsevišķi kristāli, ļoti reti sīku graudiņu veidā. Stiklains spīdums. Krāsa sarkani brūngana, brūni melna. Cietība 7–7,5. Blīvums 3,65–3,77 g/cm³. Skaldnība pilnīga.

Raksturīgi kristālu krustveida saaugumi, sarkanīgi brūna krāsa. Pārbaudot ar kausējamo caurulīti, minerāls viegli veido magnētisku spīdīgu lodīti, kas praktiski nekūst skābēs (izņemot uzsildītu sērskābi). Tomēr mangānu saturošas minerāla varietātes nosakāmas tikai pēc dvīņu kristāliem.

Ir izteikts augstas temperatūras minerāls un veidojas galvenokārt kontakta (reti arī reģionālā) metamorfisma apstākļos. Atrodams dažādos slāņekļos kopā ar granātiem, anadaluzītu, vizlām, magnetītu un citiem.

Labākie kristāli atrasti Kanādā un Krievijā (Urālos un Aizbaikālā).

Dioptāzs – $Cu_6[Si_6O_{18}]_6 \cdot 6H_2O$ (sinonīms – aširsijs). Kristāli trigonālas singonijas prizmatiski, sastopams garoziņu un drīzu agregātos.

Krāsa smaragdzaļa. Cietība 5. Svītra zaļa. Spīdums stiklains. Vienmēr puscaurspīdīgs vai caurspīdīgs. Blīvums 3,3 g/cm³.

Nosakāms pēc smaragdzaļās krāsas, labi veidotiem kristāliem un paraģenēzes.

Veidojas vara rūdu oksidācijas zonā kopā ar hrizokolu, malahītu un citiem šīs zonas raksturīgiem minerāliem.

Labākie minerāla kristālu drūzu agregātu paraugi atrasti Zairā un Kazahstānā (Altintubes vara atradne).

Šajā minerālu grupā tikai nosacīti var iekļaut arī hrizokolu, kas ir ūdeni saturošs vara silikāts un telpiski veido gredzenveida struktūru.

Hrizokola – aptuvenais ķīmiskais sastāvs ir vienkāršs – $\text{CuSiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Tie ir rombiskas singonijas kristāli, lai arī ilgstoši tika uzskatīti par koloidāliem veidojumiem. Sastopams opālveida notecējumu, garoziņu un uzsūbējumu agregātos ar raksturīgu burbuļveida virsmu. Krāsa ir gaiši zila vai zaļgani zila. Svītra zaļgani balta. Lauzums nelīdzens, gliemežnīcas. Spīdums stiklains vai vaska. Cietība 2–3. Blīvums 2,0–2,3 g/cm³.

Varietātes: alumīniju saturošā (pilarīts), dzelzi un fosforu saturošā (demidovīts).

Nosakāms pēc raksturīgas gaišzilas un gaiši zilganzaļas krāsas, notecējumu formām. No tirkīza atšķiras ar zemāku cietību un trauslumu.

Hrizokola ir tipisks vara sulfīdu rūdu oksidācijas zonas minerāls un ir sastopams kopā ar malahītu, azurītu, kuprītu, tīrradņu varu, ģipsi, limonītu un opālu.

Saimnieciski netiek izmantots, bet ir ļoti vērtīga pazīme, meklējot vara rūdas. Raksturīgākie minerāla paraugi atrasti Afganistānas un Kazahstānas vara rūdu atradnēs.

4.8.3. | Ķēdīšu struktūras silikātu minerāli

Ķēdīšu struktūras silikātu minerāliem raksturīgi ir īsprizmatiskas formas kristāli ar gandrīz kvadrātveida formu šķērsgriezumā. Tie ir tikai rombiskas un monoklīnas singonijas kristāli. Skaldnība vidēja

vai laba, veidojot gandrīz taisnu leņķi (87° un 93°). Minerāliem piemīt vidēja cietība, raksturīgas salīdzinoši tumšas pelēcīgas, zaļganas un brūnganas krāsas.

Visu grupu kopumā sauc par piroksēna minerālu grupu. Ķīmiskā sastāva ziņā tie ir kalcija, magnija un dzelzs silikāti, nereti ar alumīniju, nātriju un litiju piemaisījumu. Visiem minerāliem ir raksturīgs izomorfs ķīmiskā sastāva mainīgums, kas būtiski apgrūtina daudzo piroksēnu minerālu precīzu diagnostiku.

Grupā apvienots vairāk nekā 30 izplatīti minerāli, no tiem makroskopiski ir nosakāmi aptuveni desmit.

Balstoties uz minerālu kristālisko formu singonijām, tiek izdalītas divas piroksēnu pamatgrupas – rombiskie piroksēni (ortopiroksēni) un monoklīnie piroksēni (klinopiroksēni). Trešā ir papildu grupa, kas apvieno piroksēniem tuvus minerālus jeb piroksenoīdus.

Rombiskie piroksēni veido nepārtrauktu izomorfu rindu – no enstatīta līdz hiperstēnam, sastāva ziņā kā pārejas formas ir vairāki minerāli. Raksturīgās krāsas dēļ pazīstamākais ir bronzīts.

Enstatīts – $Mg_2[Si_2O_6]$. Minerāls ir gaiši pelēkā krāsā, zaļgans vai dzeltenīgi pelēks. Satur nelielu dzelzs piejaukumu.

Hiperstēns – $(Fe,Mg)_2[Si_2O_6]$. Krāsa tumši brūna, tumši pelēka, zaļi brūna. Satur vairāk nekā 15% FeO. Sastopams graudainu agregātu, arī atsevišķu kristālu veidā. Spīdums stiklains. Cietība ap 6. Skaldnība vidēja. Blīvums $3,4\text{--}3,5\text{ g/cm}^3$.

Salīdzinoši labi pazīstama ir hiperstēna varietāte – bronzīts $(Mg,Fe^{++})_2Si_2O_6$, kas atšķiras ar pelēcīgi zaļganu, zaļgani brūnu krāsu, zemāku blīvumu ($3,2\text{--}3,5\text{ g/cm}^3$) un cietību (5,5–6), pelēcīgi zaļu svītru.

Virzienā no enstatīta uz hiperstēnu pieaugot dzelzs daudzumam, minerāls kļūst tumšāks, palielinās arī blīvums – no $3,1\text{--}3,2\text{ g/cm}^3$ līdz $3,4\text{--}3,5\text{ g/cm}^3$. Mazāk mainīga ir cietība – 5,5–6. Spīdums perlamutras, stikla, enstatītam – bronzas, dzelzi vairāk saturošiem – metālisks. Labi izveidoti kristāli ar nosauktajām īpašībām ir ļoti reti, daudz biežāk ir sastopami nepareizas formas nepilnīgi izveidojušies kristāli un to agregāti.

Enstatīta – hiperstēna grupas minerāli veidojas magmatiskos procesos un ir bāziskus un ultrabāziskus iežus veidojošie minerāli.

Tie sastopami kopā ar olivīnu, serpentīnu, magnetītu un bāzisku plagioklāzi. Hidrotermālo šķidrums ietekmē viegli pārvēršas par serpentīnu (bastītu) un talku. Grupas minerāli atrodami arī kristāliskos slānekļos, gneisos un pat meteorītos.

Monoklinālie piroksēni jeb klinopiroksēni ir salīdzinoši plaša minerālu grupa, kuru pēc minerālu ķīmiskā sastāva tradicionāli iedala:

- ✓ piroksēni, kas nesatur alumīniju (izomorfa diopsīda – hedenbergīta rinda);
- ✓ piroksēni, kas satur alumīniju (augīts un tā varietātes);
- ✓ bāziskie piroksēni (egirīns, spoduments un pēc sastāva tiem līdzīgi minerāli).

Diopsīda – hedenbergīta rinda

Diopsīds – $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$. Krāsa pelēka, zaļa, reti arī bezkrāsains.

Salīts – $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe})[\text{Si}_2\text{O}_6]$. Raksturīga dažādu nokrāsu zaļa krāsa.

Hedenbergīts – $\text{CaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$. Krāsa no tumši zaļas līdz melnai.

Minerālu optiskās, fizikālās un citas īpašības likumsakarīgi mainās atkarībā no ķīmiskā sastāva. Spīdums stiklains, skaldnība vidēja. Cietība 5,5–6–7. Blīvums $3,27 \text{ g/cm}^3$ (diopsīds) – $3,55 \text{ g/cm}^3$ (hedenbergīts).

Kristāliem raksturīga īsprizmatika forma, reizēm var sasniegt lielus izmērus (līdz pat 40 cm). Diopsīds reti var veidot arī drūzas. Hedenbergīta kristāliem raksturīga šķiedrveida forma, radiāli kārtoti agregāti. Visi rindas minerāli ir sastopami arī graudainos agregātos.

Izplatītas vairākas varietātes: baikalīts (labi veidoti prizmatiski diopsīda kristāli, nereti caurspīdīgi, zaļā krāsā), laurovīts (koši zaļš diopsīds, kas satur vanādija piemaisījumus), hromdiopsīds (smaragdzaļš diopsīds, kas satur līdz 3% hroma oksīda), manganhedenbergīts (hedenbergīts ar mangāna oksīda saturu līdz 7%).

Minerālu atšķirīgās iezīmes ir raksturīgas īsprizmatiskas kristālu formas, vidēja skaldnība, veidojot leņķus 87° un 93° , un dažādu nokrāsu zaļa krāsa.

Minerālu veidošanās parasti notiek magmatisko intrūziju kontaktzonā ar kaļķakmeņiem (skarnos). Te tie sastopami kopā ar kalcītu, granātiem, vezuviānu, tremolītu, skapolītu un flogopītu.

Piroksēnu – granātu skarnos bieži sastopami arī rūdu minerāli – šeelīts, molibdenīts, vara, svīna un cinka sulfīdi, arī magnetīts.

Skarniem nereti vērojama kārtaina uzbūve, kur tumšās josliņas veido hedenbergīts, kas viegli dēdē, veidojot ragmāņus (uralītu), hlorītu un nontronītu (gaiši zaļgani dzeltens hidrosilikāts).

Augīts – $(Ca, Na)(Mg, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Al)(Si, Al)_2O_6$. Nereti satur arī mangāna, titāna un hroma piemaisījumus. Veido īsu prizmu vai tabletveida kristālu graudus, visbiežāk sastopams graudainu un masīvu agregātu veidā. Krāsa melna, melna ar zaļganu vai brūnganu nokrāsu. Svītra tādā pašā krāsā, tikai stipri gaišāka. Spīdums intensīvs stiklains. Cietība 5–6,5. Skaldnība vidēja – kā visiem piroksēniem. Blīvums 3,2–3,6 g/cm³.

Varietātes: dialāgs – lapveida augīts; bazaltiskais augīts – ļoti tumšā melnā krāsā un satur titāna un mangāna piemaisījumus; parastais augīts – tumši zaļā krāsā.

■ No citiem piroksēniem atšķiras ar melno krāsu.

Veidojas magmatiskos apstākļos un ir raksturīgs bāziskos intruzīvos un efuzīvos iežus veidojošais, kardinālais minerāls. Tumši zaļš augīts raksturīgs gabro un diabāziem, melnais (bazaltiskais augīts) ir plaši izplatīts bazaltos, andezītos, tufos un vulkāniskajos pelnos. Augīts ir zināms arī magmatisko iežu kontaktos ar kaļķakmeņiem.

Zemes virspusē augīts dēdē un pārvēršas par hlorītu un uralītu.

Bāziskie monoklīnie piroksēni

Egirīns – $NaFe^{3+}[Si_2O_6]$. Kristāli ir gari prizmatiski, stabīņveida, retāk adataini. Agregāti visbiežāk radiāli, šķiedraini. Krāsa zaļi melna, tumši melna. Svītra gaiši zaļa. Spīdums stiklains. Cietība 6–6,5. Blīvums 3,5 g/cm³.

Zināma varietāte akmīts, kas atšķiras no egirīna ar kristāla virsotnes asu smaili, tā ķīmiskajā sastāvā ir arī titāns un alumīnijs.

■ Nosakāms pēc garenī prizmatiskās formas, zaļi melnas krāsas, agregāti šķiedrveida. Raksturīgs bāziskajiem iežiem bez kvarca. Ir līdzīgs turmalīnam un hedenbergītam, bet no tiem ir droši atšķirams pēc paraģenēzes.

Sastopams tikai bāziskos izvirdumiežos, parasti kopā ar nefelīnu un laukšpatiem.

Spodumens – $\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$, satur līdz 8,1% Li_2O . Kristāli izstiepti, lapveida, lielu izmēru. Krāsa balta, pelēka, zaļgana, violeta (sinonīms – kuncīts). Skaldnība izteikta. Spīdums stiklains. Cietība 6–7. Blīvums 3,13–3,20 g/cm^3 .

Labi zināma ir spodumena violetas krāsas varietāte kuncīts.

Minerāls ir ļoti līdzīgs laukšpatam un no tā atšķiras ar saplacinātu kristālu formu, izteiktu skaldnību un atskabargainu lauзумu. Skaldnēm raksturīgs vertikāls švīkojums.

Sastopams gandrīz tikai pegmatītos, kur spodumena kristāli ir orientēti perpendikulāri dzīslai. Šeit tas ir kopā ar kvarcu, laukšpatu, klevelandītu, muskovītu, lepidoītu, ar polihromiem un rozā turmalīniem, berilu, kasiterītu un tantalītu.

Lielākās atradnes ir ASV (Dakotas un Konektikutas pavalstīs), Madagaskarā, Afganistānā, Kazahstānā, Austrumsibīrijas dienvidos Krievijā, Argentīnā un Zimbabvē.

Spodumens ir svarīgākā litija rūda. To izmanto kā piedevu svina un alumīnija kausējumiem, plaši lieto medicīnā, keramikajā un stikla rūpniecībā.

Pasaulē no spodumena gadā iegūst 15,1–15,5 tūkstošus tonnu litija oksīda. Pasaules eksporta tirgū 2005. gadā dominēja Čīle (43%), Austrālija (22%), Ķīna (17%) un Argentīna (8%). Pasaulē apzinātie litija oksīda resursi 2006. gada sākumā novērtēti aptuveni 13 miljonu tonnu apjomā, izpētīti un novērtēti krājumi – 11 miljoni tonnu, tajā skaitā ekspluatācijā esošajās atradnēs – 4,1 miljons tonnu.

Piroksenoīdi

Pie šīs grupas pieder ķēdīšu struktūras silikāti. No parastajiem piroksēniem tie atšķiras ar to, ka vienkārša $[\text{Si}_2\text{O}_6]^{4-}$ radikāļa vietā ir komplicētāki radikāļi $[\text{Si}_3\text{O}_9]^{6-}$ un $[\text{Si}_5\text{O}_{15}]^{10-}$.

Volastonīts – $\text{Ca}_3[\text{Si}_3\text{O}_9]$ (sinonīms – plākšņu špats). Kristāli ir triklīnas (pseudomonoklīnas) singonijas tāfelītes un plāksnītes ar izteiktu skaldnību vienā virzienā. Agregāti šķiedraini, radiāli staraini. Krāsa balta. Spīdums stiklains. Cietība 5. Blīvums 2,9 g/cm^3 .

Nosakāms pēc krāsas, spīduma, šķiedrainiem agregātiem. Sadalās reakcijā ar sālsskābi, izspiežot kramskābi (bet neizdalās gāis).

Tipisks magmatisko intrūziju, kvarca dzīslu un karbonātu tiešās kontakta zonas minerāls. Atrodams arī skarnu oksidācijas zonās kopā ar kvarcu, granātu, kalcītu, epidotu un hadenbergītu. Ārēji ļoti līdzīgs tremolītam.

Rodonīts – $Mn_5[Si_5O_{15}]$ (sinonīms – orjecs). Triklīnas singonijas sīki kristāliņi gandrīz nekad nav sastopami, praktiski tikai viendabīgas blīvas masas veidā. Cietība 6. Blīvums $3,6 \text{ g/cm}^3$. Ļoti raksturīga ir sārtā krāsa.

Nosakāms pēc raksturīgās krāsas, viendabīgas sīkkristāliskas masas. Gandrīz vienmēr ir sīkas mangāna hidroksīdu tumši pelēkas vai melnas dzīslas un dendrīti.

Veidojas gan kontakta, gan mangāna rūdu metamorfisma apstākļos. Raksturīgas minerālu asociācijas ir rodohrozīts, psilomelāns un granāti.

Rodonītu var viegli apstrādāt. Tas vizuāli ir pievilcīgs, tāpēc to plaši izmanto kā vērtīgu iekštelpu apdares akmeni, var būt arī pusdārgakmens. Neizteismīgas masas mangāna rūdas atradnēs pārstrādā kopā ar citām izejvielām mangāna ieguvei.

4.8.4. Lentu struktūras silikātu minerāli

Lentu jeb lentveida struktūras silikātiem raksturīgas stipri izstieptas, prizmatiskas, adatveida, šķiedrainas kristālu formas, ļoti bieži tie veido arī graudainus un radiāli starainus agregātus. Skaldnība parasti laba. Visnozīmīgākie ir amfibolu grupas minerāli, tie gandrīz vienmēr veido izstieptas formas kristālus, kam šķērsriezumā ir sešstūru forma. Skaldnība ir labāka nekā piroksēniem. Skaldnības virsmām, kuras krustojas aptuveni 120° leņķī, piemīt spožs perlamutra spīdums.

Zināmas ir divas galvenās lentveida struktūras silikātu kristalizācijas formu singonijas – rombiskā un monoklīnā. Rombiskas singonijas amfiboli ir mineraloģiski retumi, un to diagnostika lauka apstākļos makroskopiski nav iespējama. Tāpēc turpmāk tiks apskatīti tikai monoklīnas singonijas minerāli.

Tremolīts – $Ca_2Mg_5[Si_4O_{11}]_2(OH)_2$. Kristāli iegareni, izstiepti, agregāti šķiedraini, radiāli staraini. Krāsa balta, gaiši pelēka, gaiši iezalģana. Spīdums stiklains. Ļoti trausls. Cietība 5,5–6,5. Blīvums $2,9\text{--}3,0 \text{ g/cm}^3$.

Nosakāms pēc adatveida, iegareniem kristāliem un radiāli starainiem, šķiedrainiem agregātiem. Raksturīgs stikla spīdums, trauslums, balta krāsa. No izskata ziņā līdzīgā aktinolīta atšķirams pēc tremolītam raksturīgās gaišākas krāsas, no līdzīga šķiedraina minerāla volastonīta – pēc krāsas un trausluma.

Sastopams gandrīz tikai skarnos tiešā kontaktzonā ar kaļķakmeņiem, retāk – arī metamorfiskos iežos (kristāliskos slānekļos). Tremolītu vienmēr pavada diopsīds, kalcijs, dolomīts un talks.

Aktinolīts – $\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$ (sinonīms – starainais akmens). Kristāliem gari izstieptas prizmatiskas, adatainas, šķiedrainas formas, tie veido arī blīvu slēptkristālisku masu. Krāsa no pelēcīgi gaišzaļas līdz tumšzaļai dažādās nokrāsās. Spīdums stiklainis. Cietība 5,5–6. Trausls. Skaldnība laba. Blīvums 3,17–3,3 g/cm³. Minerāla īpašības ir ļoti atkarīgas no dzelzs daudzuma minerālā.

Zināmi vairāki minerāla paveidi: nefrīts – slēptkristālisks, blīvs, ļoti sīkst, dažādās zaļās vai gaiši zaļās nokrāsās; amianta (aktinolīta-azbests) – paralēli šķiedraini agregāti, kas viegli sadalās ļoti smalkās un izturīgās elastīgās šķiedriņās. Reti ir sastopams tremolīta veidots nefrīts un azbests, līdz ar to šīs varietātes ir raksturīgas diagnostikas pazīmes.

Sastopams gandrīz tikai skarnos tiešā kontaktzonā ar kaļķakmeņiem, retāk – arī metamorfos iežos (kristāliskos slānekļos). Visplašāk ir izplatīts kā iežus veidojošais minerāls talka un hlorīta slānekļos, bet var arī dominēt, un tad tos sauc par aktinolīta slānekļiem.

Nefrīta veidošanās vienmēr ir saistīta ar serpentīnu metasomātisku kontaktu ar gabroīdiem, krāsa atkarīga no dzelzs un hroma daudzuma iežos.

Nefrītu izmanto kā dekoratīvu akmeni, arī skulptūrām, akmens griezumiem. Amiantu lieto, lai izgatavotu pret skābēm izturīgus filtrus un materiālus.

Ragmāņi – $(\text{Ca,Na})(\text{Mg,Fe})_4(\text{Al,Fe}) \cdot [(\text{Al,Si})_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$ (sinonīms – raga māneklis). Ķīmiskais sastāvs ir ļoti mainīgs, vienmēr ir daudz mikropiejaukumu. Kristāli prizmatiski, iegareni. Agregāti šķiedraini, adatveida un graudaini. Krāsa mainās, aptverot visus zaļās un brūnās krāsas toņus dažādos sajaukumos, dominē tumši zaļa līdz melnai.

Svītra zaļgani balta. Spīdums stiklains. Cietība 5,5–6. Blīvums 3,0–3,5 g/cm³. Skaldnība laba, 124° leņķī. Mūsdienās izšķir aptuveni 30 pie ragmāņa piēderīgus dažādus minerālus. Lietot apzīmējumu ragmānis var tikai tad, ja tas ir noteikts makroskopiski.

Ragmānim ir vairākas varietātes:

- ✓ parastais ragmānis – tumši zaļš, sastopams intruzīvos un metamorfos iežos un to kontakta zonās;
- ✓ bazaltisks ragmānis – brūnā vai melnā krāsā, sastopams bazaltos un tufos;
- ✓ bāzisks ragmānis – melnas vai tumši zilas krāsas minerāli, sastopami tikai bāziskos un ultrabāziskos iežos;
- ✓ sekundārs ragmānis – veidojas piroksēnu hidrotermālo izmaiņu ietekmē (sinonīms – uralīts).

Raksturīga krāsa, skaldnības plakņu krustošanās leņķis un kristālu šķērsriezuma sešstūru forma. Ļoti izplatīts iežus veidojošs minerāls, tomēr precīzai diagnostikai ir nepieciešams noteikt optiskās konstantes.

Veidojas metamorfisma un magmatiskos procesos un visbiežāk ir sastopams mērenos un bāziskos iežos. Ir zināmi ļoti lielu ragmāņa kristālu atradumi pegmatītu dzīslās.

Šajā grupā nosacīti ir iekļauts vēl viens minerāls – čaroīts, kura sastāvs nav tieši atbilstošs, tomēr tā struktūra ir raksturīga amfiboliem.

Čaroīts – $K_2NaCa_5[Si_{12}O_{30}](OH,F) \cdot 3H_2O$. Kristāli monoklīni smalkgraudaini, veidojot kopīgus agregātus ar graudainu masu. Tas atspoguļojas nevienādās krāsās – no gaiši violetas (ceriņu krāsas) līdz tumši violetai. Spīdums stiklains, līdz zīdainam atspīdumam. Lauzums nelīdzens. Skaldnība vidēja. Leņķis starp prizmatiskām skaldnēm ir tāds pats kā amfiboliem – 124°. Cietība 5–5,5. Blīvums 2,5–2,6 g/cm³. Minerāls ir rets, bet ļoti izplatīts kā kolekciju materiāls.

Nosakāms pēc ļoti izteiktas violetās krāsas, plūsmveida agregātiem ar zīdainu atspīdumu.

Minerāls vienmēr veidojas kontaktu metamorfisma apstākļos. Visbiežāk sastopams kaļķakmeņu kontaktzonās ar sienītiem. Šajā

gadījumā iežos tiek iekļauti arī meduszeltaini minerāli tinaksīti (rets titanosilikāts), gaiši pelēks kvarcs un gandrīz melns egirīns.

Ir ļoti dekoratīvs akmens, izmanto apdarei, atsevišķi gabali tiek vērtēti kā pusdārgakmeņi.

4.8.5. | Slāņu vai lapveida struktūras silikātu minerāli

Lapveida struktūras silikātu minerāliem raksturīga ļoti laba skal-
dnība vienā virzienā, maza cietība un blīvums, plākšņaina, tabletveida,
lapveida vai pat zvīņaina agregātu forma, šķērsriezumā – sešstūrai-
na kristālu graudu forma. Bieži tie ir ļoti izplatīti petrogēni minerāli,
daudzi no tiem ir sastopami tikai sīkgraudainas vai slēptkristāliskas
masas veidā un atsevišķus kristālus neveido. Ķīmiskā sastāva ziņā
raksturīga hidroksilgrupu $[\text{OH}]^-$ klātbūtne, nereti kopā ar fluoru.
Dažreiz šie minerāli satur arī ūdens molekulas, daudziem šīs grupas
minerāliem to sastāvs ir kā alumosilikātiem.

Talks – $\text{Mg}_3(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ (sinonīms – steatīts, taukakmens, talkak-
mens, žiroviks). Kristāli monoklīnas singonijas plākšņveida, zvīņaini,
arī graudaina blīva, nereti sīkkristāliska masa. Krāsa bāli zaļa, retāk
balta ar zaļganu vai dzeltenīgu nokrāsu. Plānās plāksnītēs var būt arī
caurspīdīgs vai puscaurspīdīgs. Spīdums stiklains ar perlamutra atspī-
dumu. Skaldnība izteikta. Cietība 1 (etalons). Blīvums 2,7–2,8 g/cm³.
Izteikts petrogēns minerāls.

Raksturīga ļoti laba skaldnība un zema cietība. Aptaustot pirkstos,
šķiet taukains. Talka plāksnītes vai lapiņas ir lokanas, bet nav elas-
tīgas un ar to atšķiras no vizlām.

Tipisks metamorfisma procesu minerāls. Veidojas, hidrotermām
pārstrādājot ar magniju bagātus ultrabāziskus iežus. Lielākā talka
daļa veidojas no olivīna un rombiskiem piroksēniem, tiem dēdējot.
Raksturīga ir talka asociācija ar serpentīnu, magnēzītu, dolomītu,
aktinolītu, magnetītu un hematītu. Ļoti izplatīti ir talku bagātīgi sa-
turoši ieži: talka, talka – aktinolīta un citi metamorfie slānekļi.

Izmanto papīra, gumijas rūpniecībā, tekstilrūpniecībā, kosmētikā
un parfimērijā, speciālu ugunsizturīgu un skābju izturīgu keramisko
izstrādājumu izgatavošanā. Gadā pasaulē iegūst aptuveni 8,1–8,9
miljonus tonnu talka, visvairāk Ķīnā (33%) un ASV (11%), salīdzinoši

daudz arī Dienvidkorejā, Japānā, Indijā un Brazīlijā. Pasaulē pieejamie resursi un talka krājumi atradnēs nav novērtēti, tie pārsniedz desmitiem miljardu tonnu tīra talka koncentrāta.

Serpentīns – $Mg_6(OH)_8[Si_4O_{10}]$ (sinonīms – čūskādas iezis). Kristāli monoklīnas singonijas šķiedraini un plākšņaini. Visbiežāk sastopams blīvas, slēptkristāliskas masas veidā. Krāsa zaļa, dzeltenzaļa, brūni zaļa, nereti līdz ļoti tumšai un melnai. Agregātu krāsa parasti nevienāda, plankumaina. Spīdums taukains, vaska vai stiklains. Cietība 2,5–4. Blīvums 2,5–2,7 g/cm³. Serpentīns ir izteikts petrogēns minerāls.

Ir zināmas vairākas minerāla varietātes: ofīts – dzeltenī zaļš, no malām caurspīdīgs serpentīns ar vaska spīdumu (ir pusedārgakmens); bastīts – serpentīna pseidomorfozes par enstatītu; antigorīts – lokšņveida serpentīns; hrizotils – šķiedrains serpentīns; revdinskīts un garnierīts – slēptkristālisks serpentīna jaukts agregāts (iezis) ar citiem lapveida struktūras silikātiem (satur arī līdz 11% NiO).

Raksturīga ļoti dažādu zaļu nokrāsu un nevienāds krāsojums, blīva masa, maza cietība un taukains spīdums. Revdinskīts un garnierīts atšķirami pēc zilgani zaļās krāsas.

Veidojas no olivīna, hidrotermām iedarbojoties uz ultrabāziskiem iežiem (peridotīti, dunīti), kopā ar serpentīnu sastopami azbests, magnēzīts, hromīts, magnetīts un talks. Retāk metamorfisma procesos, bet salīdzinoši plaši (īpaši revdinskīts un garnierīts) arī ultrabāzisku iežu dēdēšanas procesos, kur serpentīns ir sastopams kopā ar halcedonu, nontronītu un magnēzītu.

Izmanto kā apdares un ugunsizturīgu materiālu celtniecībā, senāk arī kā magnija rūdu. Serpentīna klātbūtne ir svarīga pazīme, meklējot azbestu, talku, hromu, niķeli un platīna rudu. Revdinskīts un garnierīts arī mūsdienās pasaulē tiek izmantots kā niķeļa rūda.

Hrizotilazbests – $Mg_6(OH)_8[Si_4O_{10}]$ – faktiski ir sīkšķiedrains serpentīna, tremolīta un aktinolīta paveids, kas veidojas to pārkristalizācijas procesā. Sadzīvē to parasti sauc par azbestu. Hrizotila (jeb serpentīna) azbests ir vērtīgākais, jo tā šķiedras ir visizturīgākās.

Hrizotilazbests visbiežāk ir sastopams serpentīnītos šauru dzīsliņu un starpslānīšu veidā. Minerāla šķiedras paralēlas, orientētas

perpendikulāri slāņu virsmai. Krāsa gaiši zaļa, iezalģani dzeltena, dažreiz ar raksturīgu zeltainu atspulgu. Spīdums zīdains, šķiedras mīkstas, elastīgas. Cietība 2,5–3, blīvums 2,2 g/cm³.

Raksturīgas mīkstas, izturīgas šķiedras. Šķiedras ir paralēli izvietotas, tās izvietotas perpendikulāri slānim. Atšķirībā no amfibol-azbesta satur ūdeni un sālsskābē sadalās.

Veidojas kopā ar serpentīnu no olivīna, hidrotermāliem šķidrumiem iedarbojoties uz ultrabāziskiem iežiem (peridotīti, dunīti), kopā ar azbestu sastopami serpentīns, magnezīts, hromīts, magnētijs un talks. Retāk veidojas metamorfisma procesos.

Izmanto, lai izgatavotu vieglus un stiprus ugunsizturīgus materiālus, azbestcimenta izstrādājumus celtniecībai un citus materiālus. Eiropas Savienības valstīs azbesta izmantošana ir ļoti strikti reglamentēta un vairākumā rūpniecības nozaru – aizliegta. Tomēr kopējā azbesta ieguve pasaulē pastāvīgi palielinās par 7–10% gadā un 2005. gadā sasniedza 2,30 miljonus tonnu. Lielākās eksportētājvalstis ir Krievija (40% pasaules tirgus), Kazahstāna (16%) un Ķīna (15%). Azbesta resursi pasaulē nav apzināti, izpētītie un novērtētie krājumi tiek vērtēti desmitos miljardu tonnu.

Mālu minerāli

Kaolinīts – Al₄(OH)₈[Si₄O₁₀]. Monoklīnas singonijas minerāls. Sastopams slēptkristāliskā blīvā, pulvera, zemjainā masā. Krāsa balta, piemaisījumu dēļ var būt nokrāsots dažādās krāsās. Cietība 1–1,5. Blīvums 2,6 g/cm³. Stipri higroskopisks, sausi paraugi “līp” pie mēles. Sausā stāvoklī taustot taukains. Samitrinātā veidā plastisks. Mitrā stāvoklī piemīt raksturīga māla smarža. Viens no galvenajiem petrogēnajiem minerāliem, kas veido mālu iežus un kā piemaisījums ir arī karbonātos, drupu iežos. Viendabīgu no kaolinīta veidotu māla iezī sauc par kaolīnu.

Stipri higroskopisks, sausi paraugi “līp” pie mēles. Mitrā stāvoklī raksturīga māla smarža. Precīzi noteikt ir iespējams tikai laboratorijas apstākļos.

Veidojas dēdēšanas garozās no laukšpatiem, vizlām un citiem alumosilikātiem.

Izmanto porcelāna izgatavošanai, papīrrūpniecībā, kā ūdensnecaurlaidīgu materiālu celtniecībā un citās saimniecības nozarēs.

Lielākās atradnes ir seno platformu kristālisko vairogu teritorijās.

Kaolinīta minerālu saturošu iezi sauc par kaolīnu, tā ir kaolinīta rūda. Kaolīna ieguve pasaulē ir stabila – aptuveni 41 miljona tonnu līmenī. 2005. gadā eksportā dominēja ASV (21%), Krievija (14%) un Čehija (10%). Kaolinīta resursi pasaulē nav noteikti, nav arī zināms izpētīto un novērtēto krājumu daudzums. 2005. gadā kaolīnu vērtēja vairāku desmitu miljardu tonnu apjomā.

Haluazīts – $\text{Al}_4(\text{OH})_8[\text{Si}_4\text{O}_{10}] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Sastāva un fizikālo īpašību ziņā kaolinītam līdzīgs minerāls, bet tas veido opālam līdzīgu baltas krāsas masu ar vaska spīdumu. Raksturīgs bāzisku iežu un dažu metāla rūdu atradņu dēdēšanas garozu minerāls.

Montmorilonīts – $(\text{Al}_2\text{Mg}_3)[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (minerāla beidēlīta paveids; sinonīms – bentonīts). Monoklīnas singonijas kristāli, bet dabā sastopami kā agregāti – kaolīnam līdzīgas slēptkristālikas blīvas masas veidā. Krāsa balta, nereti zilgani balta vai iesārta, piemaisījumi to krāso arī citās krāsās. Spīdums matēts. Cietība 1–2,5. Blīvums aptuveni 2 g/cm^3 . Aptaustot šķiet taukains. Kļūstot mitrs, stipri sabriest, starp Si-O tetraedru slāņiem iespējoties ūdenim. Izplatīts petrogēns minerāls. Parasti vērtē atsevišķā minerālu grupā, kuru kopā sauc par bentonītu māliem, lai arī ne vienmēr tas ir pareizi.

Veidojas efuzīvo iežu (tufu, vulkānisko pelnu) dēdēšanas procesos.

Izmanto kā absorbentu naftas produktu attīrīšanai, tekstilrūpniecībā un citās saimniecības nozarēs.

Nontronīts – $(\text{Fe}, \text{Al})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Minerāla ķīmiskais sastāvs ir mainīgs. Monoklīnas singonijas kristāli, bet sastopami ļoti reti. Krāsa pelēki zaļa zemjainai masai un dzeltenīgi zaļa pseidomorfozēm par piroksēna lieliem kristāliem. Cietība aptuveni 2. Blīvums $1,73\text{--}1,87 \text{ g/cm}^3$.

Lielos daudzumos veidojas ultrabāzisku iežu dēdēšanas garozās. Tas var saturēt arī daudz niķeļa.

■ Minerāls droši diagnosticējams tikai laboratorijas apstākļos.

Vizlas

Vizlas ir raksturīgi zemes garozas minerāli, kas apvienoti vienā grupā to fizikālo īpašību dēļ. Ārēji visas vizlas ir ļoti līdzīgas – tām ir lapveida, lokšņu veidols, piemīt pilnīga skaldnība.

Arī kristāliskā struktūra ir līdzīga, jo to slāņus veido silīcijalumoskābekļa paketes, kas savstarpēji ir saistītas ar katjoniem. Skaldnība izpaužas kā šo katjonu saišu mehāniska pārraušana.

Visu vizlu kristālu singonija ir monoklīna, agregāti lokšņveida, zvīņveida. Labvēlīgos kristālu augšanas apstākļos kristāli iegūst pseidoheksagonālu formu paralēli garajai skaldnes asij, tas ir, perpendikulāri skaldnībai. Kristālu izmēri ļoti mainīgi – no mikroskopiskām plāksnītēm līdz vairākiem kvadrātmetriem. Pasaulē lielākais vizlas kristāls atrasts Čujas atradnē Urālos Krievijā, tā svars pārsniedza tonnu.

Vizlas plāksnītes ir elastīgas, dažu minerālu plāksnītes spīd, tās tumšā daļot, retāk veido sešstūru vai divpadsmit stūru zvaigznes formas (ja vizlā ir ieslēgti rutila adatveida kristāli). Vizlu cietība ir aptuveni 2, blīvums līdz 3,2 g/cm³. Vizlas, kas nesatur dzelzi, ir labi dielektriķi un ļoti vērtīgs siltumizolācijas materiāls.

Zemes garozā vizlas ir ļoti izplatīts minerāls, to ir aptuveni 3,7% no visiem minerāliem. Viens no galvenajiem iezus veidojošajiem minerāliem daudziem izvirdumiežiem un metamorfiskajiem ieziem.

Rūpnieciska nozīme ir vizlām, kas veidojušās pegmatītos un kontakta metamorfisma apstākļos. Mūsdienās rūpnieciski iegūst 34 dažādus vizlu minerālus.

Pēdējos gadu desmitus lielāko saimnieciskajai dzīvei nepieciešamo vizlu daudzumu mākslīgi sintezē, un to ieguve būtiski ir samazinājusies. Tomēr vizlu ieguve joprojām pasaulē sasniedz 290–300 tūkstošus tonnu gadā. 2005. gadā eksportā dominēja Krievija (35% pasaules tirgus), ASV (25%) un Korejas Republika (15%). Pasaule vizlu resursi nav apzināti. To izpētītais un novērtētais daudzums 2005. gadā novērtēts desmitos miljardu tonnu.

Muskovīts – $KAl_2(OH,F)_2[AlSi_3O_{10}]$. Vizlu grupas monoklīnas singonijas minerāls. Agregāti – sešstūru vai rombiskas formas tabletveida vai plākšņveida kristāli, zvīņaina vai plakanu graudu masa. Plānās plāksnītēs bezkrāsains, dzeltens, viegli dzeltenīgi brūns, bieži ar zaļganu un sarkanīgu nokrāsu, caurspīdīgs. Spīdums stiklains, uz skaldnības

plaknēm bieži perlamutra vai sudrabains spīdums. Cietība 2–3, skaldnība ļoti laba, minerāls sadalās ļoti plānās, elastīgās plāksnītēs. Blīvums 2,76–3,10 g/cm³. Muskovīts ir izteikts kardināls minerāls.

Paveidi: sericīts – sīkvīņaina, dažreiz slēptkristāliska masa ar zīdainu spīdumu (veidojas plagioklāzu dēdēšanas procesā); fuksīts – hromu saturoša koši zaļa muskovīta varietāte (ir listvenītu kardināls minerāls).

■ Raksturīga krāsa, spīdums un spēja sadalīties plānās elastīgās plāksnītēs.

Veidojas magmatiskos (sastopams visos granitoīdos) un metamorfisma (visu kristālisko slānekļu minerāls) procesos. Lielākie kristāli atrodami un minerāla rūpnieciskas atradnes ir pegmatītos, kur tas sastopams kopā ar mikroklinu, oligoklāzu, biotītu, šerlu un apatītu.

Lielākās atradnes ir Brazīlijā, Indijā un Krievijā (Karēlijā, Urālos, Austrumsajānos).

Izmanto elektrotehnikā un radiotehnikā kā ļoti labu elektroizolācijas materiālu.

Flogopīts – $\text{KMg}_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH},\text{F})_2$ (sinonīms – magnija vizla). Krāsa brūngana, dažādu nokrāsu brūna.

■ Nosakāms pēc pilnīgas skaldnības, brūnas krāsas un paraģenēzes.

Veidojas kontaktu metasomatiskos apstākļos (skarnos) un ir raksturīgs minerāls pirmskembrija magneziālām kontaktu zonām. Sastopams kopā ar diopsīdu, calcītu, apatītu, skapolītu un špineli.

Lielākās atradnes ir Indijā, Kanādā, Dienvidāfrikā, Krievijā (Baikāla apkārtnē, Jakutijā, Kovdorā Kolas pussalā). Izmanto līdzīgi muskovītam.

Biotīts – $\text{K}(\text{Fe},\text{Mg})_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH},\text{F})_2$. Minerāla veidošanās, uzbūve, kristālu un agregātu veidi, galvenās fizikālās un kristalogrāfiskās īpašības kā muskovītam, no tā atšķiras galvenokārt ar melno vai tumšbrūno krāsu. Elektroizolācijas spēja daudz vājāka. Gandrīz nekausējams. Blīvums 3,02–3,12 g/cm³. Viens no izplatītākajiem kardinālajiem minerāliem.

Varietāte – lepidomelāns – melns biotīts, kas nesatur magniju.

Īpašības kā muskovītam, no tā atšķiras galvenokārt ar melno vai tumšbrūno krāsu.

Saimnieciskā nozīme ir ļoti ierobežota un tikai dažās valstīs, kur nav pieejams muskovīts vai flogopīts.

Lepidolīts – $\text{KLi}_2\text{Al}[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH},\text{F})_2$ (sinonīms – litionīts) – litija vizla gaiši sārtā krāsā, reti zināmi baltas krāsas kristāli. Monoklīnas singonijas plākšņveida, pseidoheksagonālas singonijas kristāli. Raksturīgi vizlām tipiski dvīņu kristāli. Agregāti zvīņaini, plākšņaini, reti – arī drūzas. Spīdums stiklains, uz plāksnīšu skaldnēm var būt perlamutra. Cietība 2–3, plāksnītēm raksturīga augsta elastība, kas apgrūtina cietības noteikšanu. Skaldnība pilnīga vienā virzienā. Blīvums 2,8–2,9 g/cm³.

Atšķirams pēc raksturīgas gaiši sārtās vai gaiši violetās krāsas, kas no vizlu minerāliem piemīt tikai lepidolītam. Viegli kūst uz koka ogles boraka klātbūtnē, veidojot baltu emalju, liesmu krāso sarkanā krāsā un reaģē tikai ar uzkarsētām skābēm.

Saimnieciskā nozīme ir ļoti ierobežota un tikai dažās valstīs, kur nav pieejams muskovīts vai flogopīts. Tomēr pēdējos gadu desmitos lepidolīts ir izmantots kā litija rūda. Samērā lielas atradnes ir Zviedrijā (Utes salā), ASV (Menas pavalstī) un Čehijā (Rozenes tuvumā).

Pēc īpašībām līdzīgs ir vēl viens lepidolīta vizlas grupas minerāls – cinvaldīts (dzelzs vizla). Tumši brūnā krāsā, viegli magnētisks, bet pārējās īpašības ļoti tuvas lepidolītam.

Nereti atsevišķi tiek apskatīta **trauslo vizlu grupa**. Tie ir divi plašāk izplatīti minerāli – margarīts (spilgti balta monoklīnas singonijas vizla, atšķirama pēc perlamutra baltām nokrāsām) un hloritoīds, triklīnas singonijas, zaļas nokrāsas un ļoti cieta (5–6) vizla.

Hidrovizlas

Hidrovizlu minerāli sākotnēji ir vizlu minerāli, kuru īpašības ir nozīmīgi mainītas. Mainītas ir arī slāņus savienojošās katjonu saites, tomēr kristāliskā struktūra ir saglabājusies, un šie minerāli ir nosacītā pārejas posmā no vizlām uz mālu minerāliem. Raksturīga to kopīgā iezīme ir kristalizācijas ūdens molekulu salīdzinoši viegla zaudēšana, minerālus

karsējot. Vairākums šo minerālu veidojas zemas temperatūras hidrotermālos apstākļos, kā arī dēdējot izvirdumiežiem.

Hidromuskovīts – $KAl_2(OH)_2[(Al,Si)_4O_{10}] \cdot nH_2O$ – ir trīs dažādu minerālu (damorīta, gilbertīta un sericīta) kopējs apzīmējums (sino-nīms – ilīts vai monotermīts). Veidojas dēdēšanas procesos kā muskovīta hidrolīzes produkts. Veido slēptkristālisku, ļoti sīkgraudainu blīvu zvīņveda un plāksnīšu masu, parasti ir maisījumā ar citiem dēdēšanas minerāliem (visbiežāk kaolīnītu). Krāsa tīrā veidā balta. Taustot pirkstos, šķiet taukains. Galvenais petrogēnais minerāls, kas veido mālus, sevišķi ugunsizturīgos.

No muskovīta atšķiras ar daudz mazāk elastīgām plāksnītēm, sastopams baltā viendabīgā masā kopā ar kaolīnītu.

Sastopams ar muskovītu bagātu iežu (muskovīta slānekļu, gneisu, kvarca – sericīta iežu) dēdēšanas garozās.

Vermikulīts – $(Mg,Fe^{2+},Fe^{3+})_3[(Al,Si)_4O_{10}](OH)2 \cdot 4H_2O$. Ķīmiskais sastāvs ir mainīgs, var saturēt līdz pat 11% NiO. Monoklīnas singonijas minerāls. Veidojas biotīta un flogopīta hidrolīzē. Krāsa zeltaini brūna vai bronzas brūna, reti var novērot zaļganu atspīdumu. Cietība 1,5–2,0. Blīvums 2,3–2,7 g/cm³.

Nosakāms pēc minerāla apjoma maiņām, to sakarsējot (tilpums palielinās 15–25 reizes), no vizlām atšķiras ar dzeltenī brūno krāsu un minerāla lapiņu trauslumu, tās nav elastīgas.

Lielas atradnes ir Krievijā (Kovdoras atradne Murmanskas apgabalā), Kazahstānā (Altintasas atradne), Brazīlijā un Kanādā.

Izmanto visai ierobežoti apstrādātā (pārkarsētā) veidā kā labu siltumizolācijas materiālu.

Glaukonīts – $K(Fe^{3+},Al,Fe^{2+},Mg)_{2-3}(OH)_2[(Si,Al)_4O_{10}] \cdot nH_2O$. Veidojas sedimentācijas procesos jūrās un okeānos. Kristāli – monoklīnas singonijas, bet parasti ir sīki ieapaļi graudiņi ieslēgumu veidā karbonātu un mālu iežos. Krāsa dažādu nokrāsu zaļa. Spīdums parasti matēts, svaigākiem graudiem spožs, stiklains vai taukains. Skaldnība laba. Cietība 2–3. Blīvums 2,2–2,9 g/cm³. Petrogēns minerāls, iegūst glaukonīta smilšu veidā.

Raksturīga zaļā krāsa, atrodas nogulumiežos graudiņu un plāksnīšu veidā.

Izmanto kālija minerālmēslu un zaļo krāsu izgatavošanai (plaši lieto militārās tehnikas un aprīkojuma krāsošanai), ūdens mīkstināšanai.

Hlorīti

Tā ir visai liela vizlām līdzīgu minerālu grupa ar ļoti sarežģītu un mainīgu ķīmisko sastāvu, tomēr dominē magnija, dzelzs un alumīnija alumosilikāti, nereti satur arī lielu hroma un niķeļa piejaukumu.

Visiem hlorītu minerāliem ir raksturīga tikai monoklīna singonija, tie ir lokšņveida un zvīņaini agregāti, retāk – viendabīga masa vai slēptkristāliski agregāti (šamozīts) un oolīti. Minerālu kristālu skaldnība ir izteikta, plāksnītes lokanas, bet nav elastīgas. Krāsa – dažādu nokrāsu zaļa līdz pat melnai. Cietība 2–3. Blīvums 2,6–2,9 g/cm³.

Pēc ķīmiskā sastāva hlorītus iedala divās pamata grupās: magneziālie un dzelzs hlorīti, tomēr to iedalījums un precīza diagnosticēšana ir iespējama tikai laboratorijā.

Pie magneziālo hlorītu grupas pieder vairāk nekā desmit minerālu, izplatītākie ir penīns, klinohlors un prohlors.

Penīns – $(\text{Mg}, \text{Fe})_5\text{Al}[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_8$. Galvenais hlorītu grupas minerāls. Veidojas gandrīz tikai metamorfisma procesos, parasti sastopams zvīņainu vai lapveida agregātu veidā. Krāsa zaļa līdz zaļgani melnai. Spīdums stiklains, uz skaldnības plaknēm var būt arī perlamutra spīdums. Skaldnība ļoti laba. Cietība 2–2,5. Blīvums 2,60–2,85 g/cm³. Viens no metamorfo iežu kardinālajiem minerāliem, ļoti bieži veido smalku pārklājumu uz kvarca un citu minerālu kristāliem pegmatītu dzīslās.

Raksturīga tumšzaļā, bieži gandrīz zaļganmelnā krāsa, ļoti laba skaldnība. Atšķirībā no vizlām penīna (hlorītu) lapiņas nav elastīgas.

Starp dzelzi saturošiem hlorītiem raksturīgākie ir **šamozīts** – $(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg}, \text{Fe}^{3+})_6[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_8$ – un **tūringīts** – $(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg}, \text{Fe}^{3+}, \text{Al})_6[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}](\text{OH}, \text{O})_8$. Minerāli makroskopiski, nav tieši diagnosticējami un ir atšķirami tikai ķīmiskajās analīzēs.

Raksturīga to atšķirības pazīme ir oolītu agregāti un zaļgani melnās svītras.

Šamozīts ir tumši zaļš līdz melnas krāsas minerāls, tam raksturīga paraģenēze ar siderītu un dzelzs sulfīdiem.

Tīringīts visbiežāk veido tumši zaļu slēptkristālisku masu, kolodiāli dispersus agregātus.

4.8.6. Karkasa struktūras silikātu minerāli

Karkasa struktūras silikātu minerāli ķīmiskā sastāva ziņā gandrīz visi ir alumosilikāti. Minerālu cietība ir liela, bieži laba skaldnība vairākos virzienos. Šīs apakšklases silikāti dabā ir visvairāk izplatīti, turklāt aptuveni pusi no visas Zemes garozas masas veido tikai vienas, tā sauktās laukšpatu grupas kardinālie minerāli. Laukšpati ir kālija, nātrija un kalcija alumosilikāti, kas sastopami galvenokārt dažāda ķīmiskā sastāva cieto šķīdumu veidā. Gandrīz visi laukšpati pieder pie divām apakšgrupām – nātrija un kalcija laukšpatiem (jeb plagioklāziem) un kālija laukšpatiem (ortoklāziem). Nozīmīgākie ortoklāza apakšgrupas minerāli ir ortoklāzs un mikroklīns.

Plagioklāzu minerāli dabā parasti sastopami kā divu atsevišķu šīs apakšgrupas minerālu **albīta** (*Ab*) – $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ – un **anortīta** (*An*) – $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$ – izomorfi maisījumi jeb minerālu ķēdes galējie elementi. Tāpēc plagioklāzu kopējā ķīmiskā formula ir mainīga. Minerālu grupas nosaukums veidots, ņemot vērā, ka leņķis starp skaldnības plāksnēm atšķiras no taisna leņķa tikai par $3,5-4^\circ$, bet tā ir principiāla atšķirība no monoklīnāliem laukšpatiem, kuru skaldnības plāksnes vienmēr veido taisnu leņķi. Atkarībā no ķīmiskā sastāva izdala sešus galvenos plagioklāzu minerālus, kurus numurē atbilstoši anortīta saturam minerālā (svara procentos).

Plagioklāza minerāla nosaukums	Numurs	Anortīta saturs minerālā
Albīts	0–10	0–10%
Oligoklāzs	10–30	10–30%
Andezīns	30–50	30–50%
Labradors	50–70	50–70%
Bitovnīts	70–90	70–90%
Anortīts	90–100	90–100%

Tā, piemēram, plagioklāzs nr. 38 ir viens no izomorfajiem maisījumiem – andezīns, kura sastāvā ietilpst 62% albīta un 38% anortīta.

Iežu pētījumos (petrogrāfijā) plagioklāzus pēc anortīta satura iedala skābos (nr. 0–30), vidējos (nr. 30–60) un bāziskos (nr. 60–100) plagioklāzos. Šāda klasifikācija skaidri norāda, ka skābie plagioklāzi ir raksturīgi skābiem izvirdumiežiem.

Dabā plagioklāzi visbiežāk ir sastopami nepilnīgi izveidotu graudu un ieslēgumu veidā iežos, nereti veido gaudainus agregātus un drūzas (albīts). Labi veidoti kristāli ir reti. Ļoti raksturīgi ir polisintētiski kristālu dvīņi. Dominējošā plagioklāzu krāsa ir balta, gaiši pelēka ar atšķirīgām nokrāsām. Spīdums stiklains. Skaldnība izteikta. Cietība 6–6,5. Blīvums likumsakarīgi palielinās no albīta ($2,61 \text{ g/cm}^3$) līdz anortītam ($2,76 \text{ g/cm}^3$).

Visu plagioklāzu skaldnības plaknes krustojas 86° – 87° leņķī, pēc kura pietiekami lielos kristālos plagioklāzus var atšķirt no līdzīgas krāsas kālija laukšpatiem.

Precīza minerālu numura noteikšana ir iespējama tikai ķīmiskajās analizēs, kā arī veicot precīzus leņķu mērījumus ar E. Fjodorova galdiņu. Pēc makroskopiskajām pazīmēm ir iespējams droši atšķirt tikai albītu un labradoru, ar zināmām iemaņām – arī oligoklāzu.

Albīts – $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$. Sastāvs mainās no tīra Ab līdz $\text{Ab}_{90}\text{An}_{10}$. Kristāli ir triklīnas singonijas. Agregāti visbiežāk ir tabletveida, īsas prizmas veida kristāli un to drūzas, lielgraudaini un rupjgraudaini, retāk smalku un sīku graudu agregāti. Krāsa balta, retāk brūngani dzeltena, sarkanīga, zaļgana. Spīdums stiklains vai perlamutra. Cietība 6–6,5. Blīvums $2,6$ – $2,65 \text{ g/cm}^3$. Biežāk nekā citi izplatītie laukšpati sastopams baltā krāsā. Ir ļoti raksturīgs petrogēns minerāls.

Tipiskas iezīmes ir balta krāsa un kristālu forma, cietība un skaldnība.

Veidojas magmatiskos un metamorfisma procesos. Izteiktākie kristāli atrodami pegmatītu dzīslās, nereti kopā ar ortoklāzu, topāzu, berilu un morionu. Reto metālu minerālu pegmatītos ir sastopams ļoti raksturīgs cukurveida agregātu sīkkristālisks albīts un lokšņveida albīts (klevelandīts) baltā un gaiši zilganā krāsā. Magmatiskos iežos albīts nav nosakāms bez mikroskopiskiem pētījumiem.

Oligoklāzs – $(\text{Na,Ca})(\text{Si,Al})_4\text{O}_8$ – ir grūti atšķirams no citiem plagioklāziem. Raksturīgākās iezīmes ir paralēls švīkojums uz

pegmatītu dzīslu lielāku kristālu skaldnības plāksnēm. Krāsa balta līdz gaiši pelēkai.

Labradorīts (sinonīms – labradors, kas būtu pareizāk lietojams tieši minerāla apzīmēšanai) – $(Ca,Na)(Si,Al)_4O_8$ – ir albīta un anortīta izomorfis maisījums no $Ab_{50}An_{50}$ līdz $Ab_{30}An_{70}$. Triklīnas singonijas kristāli. Sastopams blīvas rupjgraudainas un lielgraudainas, retāk vidēji graudainas masas veidā. Krāsa pelēka vai tumšpelēka līdz melnai. Spīdums stiklains, nereti pusmetālisks. Cietība 6–6,5. Lauzums nelīdzens, dažreiz gliemežnīcas laužums. Uz skaldnības virsmām zila irizācija. Blīvums $2,7 \text{ g/cm}^3$. Veidojas magmatiskos procesos. Ir viens no izplatītākajiem petrogēniem minerāliem ultrabāziskos magmatiskos iežos.

■ Raksturīga zila irizācija uz skaldnības virsmām.

Apstrādātus labradora iežus (labradorītus) izmanto būvniecībā, ir augstvērtīgs dekoratīvs apdares materiāls. Minerāla nosaukums joprojām nav apstiprināts, bet kopš 1992. gada tā apzīmēšanai lieto ieža nosaukumu. Oriģinālo nosaukumu – labradors – lieto tikai vienai ģeogrāfiskai varietātei (minerāli no Labradoras pussalas Kanādā).

Anortīts – $Ca[Al_2Si_2O_8]$. Sastāvs var mainīties no $Ab_{10}An_{90}$ līdz pat tīram anortītam. Minerāls veidojas magmatiskos, retāk metamorfisma procesos. Triklīnas singonijas kristāli. Sastopams rupjgraudainu vai vidēji graudainu agregātu veidā. Krāsa pelēcīgi balta un zilgani pelēka. Spīdums stiklains, uz skaldnības virsmām raksturīgs perlamutra spīdums. Skaldnība laba. Cietība 6–6,5. Blīvums $2,74\text{--}2,76 \text{ g/cm}^3$. Ļoti izplatīts kardināls minerāls.

Izmanto celtniecībā kā dekoratīvu apdares materiālu.

■ Pēc ārējā izskata – krāsas, spīduma, skaldnības virsmu rakstura – un arī pēc cietības abu laukšpatu apakšgrupu minerāli ir līdzīgi, un tos atšķirt ar vienkāršām makroskopiskām noteikšanas metodēm nav iespējams. Kālija laukšpatu graudi iežos visbiežāk ir rožainā un sarkanā krāsā, nātrijs un kalcijs – pelēkā krāsā (bieži ar zilganu nokrāsu).

Ortoklāzs – $K[AlSi_3O_8]$. Veido atsevišķus labi veidotus monoklīnas singonijas kristālus, nereti ar kristālu dvīņiem. Agregāti ir minerāla

drūzas un graudaini, bieži lielgraudaini masīvi veidojumi. Krāsa gaiši pelēka, sārti balta, daudz retāk brūngani sarkana vai brūngani dzeltena. Parasti necaurspīdīgs, dažreiz puscaurspīdīgs. Spīdums stiklains, uz skaldnības virsmām nereti perlamutra spīdums. Skaldnība laba, 90° leņķī. Cietība 6–6,5. Blīvums 2,5–2,6 g/cm³. Viens no izplatītākajiem petrogēnajiem minerāliem.

Zināmi vairāki minerāla paveidi (sastopami arī starp plagioklāziem): sanidīns – bezkrāsains augstas temperatūras apstākļos veidojies ortoklāzs; adulārs – bezkrāsains caurspīdīgs ortoklāzs; mēness akmens – pelēcīgi balts, sudrabains, gaišzili irizējošs; avanturīns jeb saules akmens – zeltaini dzirkstošs.

Kristālu atsevišķas daļas bieži nokrāsotas nevienmērīgi intensīvi, tāpēc tie izskatās izplūstoši plankumaini vai lāsaini. Būtiskākā atšķirība no plagioklāziem – leņķis starp skaldnības plāksnēm ir taisns.

Veidojas magmatiskos un metamorfisma procesos, sastopams arī pegmatītos, ir granītu neatņemama sastāvdaļa. Salīdzinoši viegli dēdē un pārveidojas kaolinitizācijas procesos.

Izmanto stikla un keramiskajā rūpniecībā, labi veidotus adulāra, avanturīna un mēness akmens kristālus – arī juvelierizstrādājumu izgatavošanai.

Mikroklīns – K[AlSi₃O₈]. Atšķirībā no ortoklāza kristalizējas triklīnā singonijā. Raksturīgi ir ļoti lielu izmēru kristāli pegmatītos, kur mikroklīna kristālu svars var pārsniegt desmitiem tonnu.

Pārējās galvenās īpašības ir līdzīgas ortoklāzam, un no tā ar makroskopiskām noteikšanas metodēm nav atšķirams (raksturīgais leņķis starp skaldnības virsmām ir gandrīz taisns un no tā atšķiras tikai par divdesmit minūtēm).

Zināmi vairāki minerāla paveidi. Pazīstamākais ir amazonīts (sinonīms – Amazonas akmens) – gaiši zaļš, bieži balti lāsumains vai plankumains. Ļoti savdabīgs ir ar kvarca un albīta kristāliem aizpildītu dzīslīņu (pertītu) raksts mikroklīnā – to sauc par ebreju akmeni vai rakstu granītu. To veidošanās ir tieši saistīta ar pegmatītu sākotnējām attīstības stadijām. Pertītus var veidot arī kāda jaunāka mikroklīna kristālu ģenerācija, kas aizpilda šādas dzīslīņas.

Izmanto tāpat kā ortoklāzu. Amazonīti ir vērtīgi apdares materiāli būvniecībā un noderīgi mākslas izstrādājumu izgatavošanā. Ļoti izplatīts magmatisko iežu un pegmatītu petrogēns minerāls. Visplašāk izmanto keramikajā un stikla rūpniecībā

Feldšpatīdi atšķiras no laukšpatiem ar mazāku kramskābes un lielāku sārmu metālu saturu. Vairāki feldšpatīdi ir ļoti nozīmīgi petrogēni minerāli.

Leicīts – $K[AlSi_2O_6]$ (sinonīms – amfigēns). Tetragonālas singonijas kristāli. Pseudokubiskas formas minerāls, veido tetragontrioktaedriskus kristālus. Raksturīgi ieapaļas (it kā apkusušas, pat lodveida) formas izometriski kristālu graudi, retāk veido graudainus agregātus. Krāsa balta, pelēcīgi vai dzeltenīgi balta, arī bezkrāsains. Spīdums matēts, uz laužuma virsmām stiklains vai taukains. Cietība 5,5–6, skaldnības nav. Lauzums gliemežnīcas. Blīvums 2,45–2,50 g/cm³. Petrogēns minerāls. Veidojas efuzīvos procesos.

Raksturīga kristālu forma – mazi baltas krāsas izometriski kristāli, īpaši mūsdienīgās vulkāniskās lavās, nekad nav kopā ar kvarcu.

Dažreiz izmanto kālija un alumīnija sāļu iegūšanai.

Nefelīns – $(K,Na)[AlSiO_4]$. Kristāli ir heksagonālas singonijas, tiem piemīt īsas prizmas veids, retāk tie ir tabletveida. Sastopams sīku kristālisku graudu ieslēgumu veidā ultrabāziskos un bāziskos iežos vai veido graudainus agregātus, bieži rupjgraudainus vai pat lielgraudainus. Krāsa pelēka ar brūnganu, zaļganu nokrāsu vai pelēki balta. Spīdums uz kristālu skaldnēm stiklains, laužumā taukains. Cietība 5–6. Skaldnības praktiski nav. Blīvums 2,6 g/cm³. Ir kardināls minerāls.

Varietāte: eleolīts – nefelīns. Taukains spīdums.

Raksturīga krāsa un taukains spīdums uz laužuma virsmām. Nav sastopams kopā ar kvarcu. Sālsskābē viegli šķīst, izdalot kramskābi. Ļoti raksturīga ir pelēka viegli irstoša garoziņa, kas pārklāj nefelīna kristālus, tam dēdējot.

Veidojas magmatiskos procesos iežos, kas izteikti nabadzīgi ar kvarcu un bagātīgi ar nātriju (nefelīna sienīti un bāziski pegmatīti). Sastopams kopā ar apatītu, egiřīnu, laukšpatu, biotītu, ilmenītu, titaņītu un cirkonu. Nekad nav kopā ar kvarcu.

Hidrotermālos apstākļos nefelīns pārvēršas par kankrinītu – kalci-ja alumosilikātu, kas satur ogļskābes radikāli un ir raksturīgā dzeltenī pelēkā krāsā – un zilās krāsas minerālu – sodalītu – $\text{Na}_8[\text{AlSiO}_4]_6\text{Cl}_2$.

Lielākās atradnes ir Krievijā (Kolas pussalā un Kuzņeckas Alatau Belogorskas atradnē). Izmanto stikla un porcelāna rūpniecībā, kā arī alumīnija iegūšanai.

Lazurīts – $\text{Na}_3\text{Ca}[\text{Al}_3\text{Si}_3\text{O}_{12}]\text{S}$. Kubiskas singonijas kristāli ir reti, visbiežāk kā graudaina masa. Krāsa spilgta tumši zila līdz pat zili violetai. Stiklains spīdums. Lauzums nelīdzens. Skaldnība neizteikta. Cietība 5,5. Blīvums 2,38–2,42 g/cm³.

Atpazīstams pēc raksturīgās koši zilās krāsas, neizteiktas skaldnības, paraģenēzes. Apstrādājot ar sālsskābi vai slāpekļskābi, izdala sērūdeņradis.

Veidojas metasomatiskos apstākļos skarnos kopā ar flogopītu, diopsīdu, forsterītu, kalcītu un pirītu. Labākie lazurītu paraugi iegūti Afganistānā un Krievijā (Pamira un Piebaikāla dienvidu daļā).

Skapolīti ir plaša minerālu grupa, kuru var raksturot ar izomorfās virknes galējiem posmiem: marialītu – $\text{Na}_4[\text{AlSi}_3\text{O}_8]_3\text{Cl}$ – un meionītu – $\text{Ca}_4[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]_3[\text{ClCO}_3, \text{SO}_4]$. Tertagonālas singonijas prizmatiski un stabveida kristāli, kam ir viegli pamanīt tetragonālas prizmas un dipiramīdas. Kristālu garums var pārsniegt vairākus desmitus centimetru, retāk tās ir drūzas. Agregāti ir masīvi, graudaini.

Krāsa balta, pelēka ar zaļganu nokrāsu. Spīdums stiklains. Skaldnība vidēja. Lauzums nelīdzens. Cietība 5–6. Blīvums 2,61–2,75 g/cm³.

Varietāte: glaukolīts – viendabīga graudaina masa gaiši violetā krāsā. Raksturīgākie paraugi atrodami Sjudjankas atradnē Piebaikālā (Krievijā).

No ļoti līdzīgajiem laukšpatiem atšķirams ar raksturīgām tetragonālas singonijas kristālu formām (šķērsgriezumam ir kvadrāta forma).

Veidojas kontakta metamorfisma apstākļos un ir sastopams kopā ar diopsīdu un kalcītu, daudz retāk atrodams metamorfiskos iežos.

Ceolīti (sinonīms – kofīti) ir skaitliski ļoti plaša minerālu grupa, kas ķīmiskā sastāva ziņā ir nātrija un kalcija hidroalumosilikāli. Kopā ir aptuveni 50 plašāk izplatītu minerālu. Sastopami sekrēciju, garozu, radiāli starainu agregātu, drūzu vai sferolītu veidā. Bieži aizpilda poras vulkāniskajos iežos. Krāsa balta, dažreiz ar dzeltenīgu, iesārtu, zaļganu nokrāsu, retāk bezkrāsaini. Spīdums stiklains, retāk zīda vai perlamutra. Cietība 4–5,5. Skaldnība vidēja vai laba. Blīvums 2,2–2,5 g/cm³. Ūdens, kas ietilpst ceolītu sastāvā (tā sauktais ceolītu ūdens), paraugu sildot, izdalās pakāpeniski, minerālu kristāliskā režģa uzbūvei nemainoties (ar to atšķiras no parastā kristalizācijas ūdens). Apstākļiem mainoties, ceolītu ūdens izkarsētā minerāla sastāvā var atjaunoties.

Izplatītākie ceolītu grupas minerāli ir natrolīts – $\text{Na}_2[\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – un šabazīts – $(\text{Ca}, \text{Na}_2) [\text{AlSi}_2\text{O}_6]_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, kā arī mordenīts – $(\text{Ca}, \text{Na}_2\text{K}_2) [\text{AlSi}_5\text{O}_{12}]_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

Raksturīga vienmēr ļoti gaišā, parasti baltā krāsa, agregātu veidi, dažreiz spīdums.

Veidojas, pārkristalizējoties efuzīviem vulkāniskiem pelniem un tufiem, bieži ir sastopami bazaltos, aizpildot tukšumus. Daļa ceolītu veidojas hidrotermālo procesu noslēguma fāzē zemā temperatūrā.

Ļoti plaši izmanto dažādu filtrējošo materiālu un adsorbentu ražošanā.

4.9. Organiskie minerāli

Biogēnie minerāli ir viena no diskutējamākajām minerālu grupām, jo viedokļi par šīs grupas minerālu klasifikācijas pazīmēm ir ļoti atšķirīgi. Grupas nosaukums norāda, ka šo minerālu veidošanā ir jāpiedalās organiskajai vielai. Tomēr no organiskās vielas veidojas arī tīrradņi (sērs), oksīdi (limonīts), karbonāti (aragonīts), fosfāti (vivianīts) utt. No organiskās vielas veidojas kūdra un akmeņogles, bet tās visbiežāk ir ieži un satur pat vairākus desmitus minerālu. Nav arī iespējams viennozīmīgi noteikt kādas organisko savienojumu grupas klātbūtni, kas būtu biogēno minerālu raksturīga atšķirības pazīme.

Tas ir sens strīds, un dažādi autori piedāvā atšķirīgus risinājumus, tomēr izplatītākais ir H. Strunca klasifikācijas risinājums, par

atšķirības pazīmi nosakot $[C_2O_4]^{2-}$ grupas klātbūtni minerāla ķīmiskajā sastāvā, kas ļauj visu minerālu grupu klasificēt kā oksalātus. Atbilstoši H. Strunca un arī E. S. Dena klasifikācijai tiek izdalīta īpaša organisko minerālu klase, kas aptver organisko skābju sāļu dabā sastopamās minerālās formas. 2006. gada sākumā bija zināmi 42 minerāli (no tiem divi nav reģistrēti), vairāki desmiti varietāšu un aptuveni desmit minerālu, kuru pētījumi joprojām turpinās.

Visi šie minerāli ir reti vai pat ļoti reti, salīdzinoši nestabili apkārtējā vidē un pārvēršas citos minerālos. Izņēmums īpašību ziņā ir tikai pie šīs minerālu grupas piederīgais dzintars.

Oksalāti – organisko skābju sāļi, kas satur minerālajā formā $[C_2O_4]^{2-}$ grupu. Tie ir viegli šķīstoši sārmu metālu hidrooksalāti, kuros dažu minerālu formās var būt arī dzelzs, vara, mangāna, magnija un retzemju metālu joni. Grupa aptver 23 minerālus. Izšķir divas minerālu sērijas: vealīta – vītleijīta un melīta – abelsonīta sērijas. Raksturīgākais grupas minerāls ir **oksamīts** – $(NH_4)_2(C_2O_4) \cdot (H_2O)$. Tas ir rombiskas singonijas ļoti gaišs, iedzeltens minerāls. Cietība 2,5. Blīvums $1,5 \text{ g/cm}^3$. Stikla spīdums, svītra balta. Pazīstams vairākās atradnēs Austrālijā, kur izteikti karstos un arīdos apstākļos veido kristāliskas formas. Labākie kristāli iegūti Peru.

Slāpekli nesaturoši ķēdīšu struktūras minerālveidojumi ar oglekli un ūdeni tiek apskatīti divās minerālu sērijās: evenkīta (viens minerāls) un kratočvilīta – flagštāfīta sērija (11 minerāli). Tie konstatēti tikai dažās vietās pasaulē. Izplatītākais ir **kratočvilīts** (sinonīms – antracēns) – $C_{14}H_{10}$ – rombiskas singonijas minerāls, kas veidojas ogļu atradņu degšanas apstākļos un ir konstatēts visur pasaulē, kur notiek akmeņogļu ieguve. Labākie minerāla kristāli ir zināmi Bohēmijā (Čehijā) jau kopš 1937. gada. Krāsa gaiši dzeltenīga līdz ļoti gaiši baltai. Cietība 1–2. Blīvums $1,21 \text{ g/cm}^3$. Minerāls ir nenoturīgs un viegli reaģē ar vājām skābēm.

Daudz retāki ir šādi šīs sērijas minerāli: simenolīts $C_{19}H_{24}$; hoelīts $C_{14}H_8O_2$; refikīts $C_{20}H_{32}O_2$; hartīts $C_{20}H_{34}$; fištelīts $C_{19}H_{34}$; dinīts $C_{20}H_{36}$; karpatīts $C_{24}H_{12}$; idrialīts $C_{22}H_{14}$; ravatīts $C_{14}H_{10}$; flagštāfīts $C_{10}H_{22}O_3$.

Dabiskas izcelsmes sveķi un tiem līdzīgi minerāli tiek iedalīti atsevišķā grupā, kurā patlaban ir zināms tikai viens bernšteina sērijas

minerāls – **dzintars** – $C_{12}H_{20}O$ (sinonīms – bernšteins, sveķi, sucenīts un citi – kopā 21 reģistrēts sinonīms). Amorfa viela, krāsa mainīga un dabā sastopams no bezkrāsaina līdz tumši melnam, tomēr biežāk dažādas nokrāsas tumši dzeltenī, brūnī toņi. Pazīstamas 12 galvenās varietātes ar saviem nosaukumiem. Var saturēt dažādus ieslēgumus. Blīvums 1,05–1,15 g/cm³. Trausls, var būt gliemežnīcas lauzums, skaldnības nav. Cietība 2–2,5. Raksturīga fluorescence. *Lai cik pazīstams tas mums šķistu, ir lietderīgi pārbaudīt minerālu, vai tas nesatur fosforu (fosfora savienojumi tiek izmantoti militārajā rūpniecībā) un vai tā blīvums nav augstāks par 1,3 (sintētisks pakalārinājums!).* Visvairāk pazīstams Baltijas jūras baseinā. Lielākās atradnes pasaulē ir Sambijas pussalā (Krievijā), bieži atrodams arī Karību jūras baseinā, Āfrikas austrumu piekrastē, Madagaskarā, Indijā, Šrilankā un Indonēzijā. Pusedārgakmens. Izmanto juvelierizstrādājumu ražošanā, parfimērijā, otrs lielākais patērētājs – militārā rūpniecība (dzintara lakas lieto zemūdeņu korpusu pārklāšanai).

Minerālus, kuru ķīmiskajā sastāvā ir slāpekļis, ogleklis un brīvais ūdens, iedala īpašā urīnskābes un guano minerālu sērijā. Tā apvieno sešus minerālus:

urea – $CO(NH_2)_2$. Tetragonālas singonijas minerāls, krāsa balta un viegli iedzeltena, brūna; blīvums 1,33 g/cm³;

acetamīds – $CO(CH_3)(NH_2)$. Sinonīms – etānamīds. Trigonālas singonijas gaiši pelēks un bezkrāsains minerāls, blīvums 1,17 g/cm³; cietība 1–1,5;

tinunkulīts – $C_{10}H_{12}N_6O_8$. Rombiskas singonijas balts minerāls, blīvums 1,73 g/cm³;

kladnoīts – $C_8H_5NO_2$. Monoklīnas singonijas balts minerāls, blīvums 1,47 g/cm³;

uricīts – $C_5H_4N_4O_3$. Monoklīnas singonijas gaiši dzeltens līdz bezkrāsains minerāls, cietība 1–2, blīvums 1,85 g/cm³;

guanīns – $C_5H_5N_5O$. Sinonīms – guano. Monoklīnas singonijas balts minerāls, cietība 1–2, blīvums 1,48 g/cm³.

Visi minerāli ir viegli šķīstoši un Zemes virsū saglabājas tikai īpaši labvēlīgos apstākļos. Nav nosakāmi bez pētījumiem laboratorijas apstākļos.

4.10. Sintētiskie minerāli

Mūsdienās tiek sintezēti gandrīz visi dabā zināmie minerāli un to varietātes, kā arī mākslīgi tiek iegūti simtiem jaunu minerālu, kurus dabā līdz šim nav izdevies atrast. Sintētiski visvairāk iegūst dažādus monokristālus, kā arī dažādus būvmateriālus.

Masveida sintētisko minerālu rūpnieciska ražošana tika sākta Otrā pasaules kara gados, sintezējot izolācijas materiālus, kā arī jaunus materiālus, piešķirot tiem noteiktas īpašības. Pagājušā gadsimta sešdesmitos gados tika ieviestas tehnoloģijas mākslīgu dārgakmeņu audzēšanai (rubīni, safīri, smaragdi utt.) vai krāsošanai (ametisti, citrīni utt.). Nedaudz vēlāk arī mākslīgo dimantu ražošana kļuva ekonomiski izdevīgāka nekā jaunu dabisko minerālu meklēšana.

Nākamo desmit gadu laikā tika apgūtas tehnoloģijas, kas ļāva mērķtiecīgi audzēt ne tikai noteikta sastāva, bet arī formas monokristālus mikroelektronikas vajadzībām (kvarca, germānija un citu minerālu). Mūsdienās visi šie minerāli tiek iegūti tikai sintētiski. Tas pats ir attiecināms uz dažādiem optiskajos instrumentos lietotajiem minerāliem, pulksteņu rūpniecībā izmantojamiem rubīniem utt. Prognozējams, ka arī nākotnē mākslīgi veidotie minerāli arvien plašāk aizstās dabiskos, kuru vērtība pieaugs, no pārstrādes rūpniecības nonākot muzeju un skolu kolekcijās.

Papildu literatūra

- Ford, W. E., Dana, E. S. *A textbook of mineralogy*. Fourth Edition, John Wiley & Sons, New York, 1932. 851 pp.
- Mason, B., Berry, L. G. *Elements of mineralogy*. W. H. Freeman and Company, San Francisco, 1968. 550 pp.
- Nickel, E. H. *The definition of mineral*. The Canadian Mineralogist. Vol. 33, 1995. pp. 689–690.
- O' Donoghue. *American nature guides – rocks and minerals*. Gallery Books, New York, 1990. 224 pp.
- Smyth, J. R., McCormick, T. C. *Minerals: definition, properties and occurrences*. In: *Fundamental Science of Earth Materials*. Denver: University of Colorado, 2004. 75 pp.

Minerālu klasifikācija un noteikšana

- Clark, A., Hey, M. H. *Hey's mineral index: mineral species, varieties and synonyms*. Third Edition. Chapman & Hall, London, 1993. 852 pp.
- Dreimanis, A., Liepiņš, P. *Latvijas minerāli un ieži*. Rīga: Universitātes apgāds, 1942. 56 lpp.
- Ford, W. E. *A Textbook of Mineralogy with an Extended Treatise on Crystallography and Mineralogy by Edward Salisbury Dana*. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1949. 851 pp.
- Gaines, R. V., Skinner, H. C. W., Foord, E., Mason, B. and Rosenzweig, A. *Dana's New Mineralogy: The System of Mineralogy of James Dwight Dana and Edward Salisbury Dana*. Eighth edition. New York: John Wiley and Sons, Inc., 1997. 1819 pp.
- Strunz, H., Nickel, E. *Strunz Mineralogical Tables*. Ninth Edition Chemical-Structural Mineral Classification System. Ninth edition. Stuttgart: Schweizerbart'sche, 2001. 870 pp.
- Бетехтин, А. Г. *Курс минералогии*. Москва: Госгеолтехиздат, 1956. 558 с.

Papildu informācijas avoti internetā

Mineraloģijas pirmsākumi	✓ http://euromin.w3sites.net/Nouveau_site/histoire/antiqueMA/HISANTE.htm#1
Minerālu klasifikācija	✓ http://webmineral.com/danaclass.shtml ✓ http://webmineral.com/strunz.shtml
Oficiālie minerālu saraksti (4339 minerāli)	✓ http://webmineral.com/index.shtml
Minerālu saraksti, katalogi	✓ http://www.mindat.org/ ✓ http://web2.donzampano.com/index.php?SID=3d0529be4178c33d2346d144dbbb3321&lang= ✓ http://un2sg4.unige.ch/athena/mineral/min_lists.html
Minerālu nosaukumu sinonīmi	✓ http://www.mindat.org/
Kritēriji jaunu minerālu reģistrēšanai (CNMMN)	✓ http://euromin.w3sites.net//Nouveau_site/mineralogiste/IMA/IMAE.htm
Minerālu saimnieciskās izmantošanas un atradņu datubāzes	✓ http://minerals.er.usgs.gov/fact-sheets/MRDS_Broch.html
Starptautiskā mineraloģijas asociācija (IMA)	✓ http://www.minsocam.org/msa/ima/ ✓ http://www.geo.vu.nl/users/ima-cnmmn/
Minerālu nozīme ekonomikā (atsevišķi pa ķīmiskajiem elementiem)	✓ http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/
Minerālu kristalogrāfija	✓ http://webmineral.com/crystall.shtml

Biežāk sastopamo minerālu alfabētisks rādītājs

Latviešu un angļu valodā

Minerālu nosaukums latviski	Atbilstoši Starptautiskās mineralogijas asociācijas (<i>International Mineralogical Association – IMA</i>) Jauno minerālu un minerālu nosaukumu komisijas lēmumiem (2007. gada janvāris)	
	Minerālu nosaukums angļiski	Piezīmes terminu lietošanai angļu valodā
A		
Adulārs	Adularia	Nav apstiprināts, apzīmē <i>Orthoclase</i> varietāti
Ahāts	Agate	Nav apstiprināts, apzīmē <i>Chalcedony (Quartz)</i> varietāti
Aktinolīts	Actinolite	
Albīts	Albite	
Almandīns	Almandine	Nav apstiprināts, apzīmē <i>Almandite</i> varietāti
Alunīts	Alunite	
Amazonīts	Amazonite	Pilnīgs sinonīms <i>Amazonstone</i>
Ametists	Amethyst	Nav apstiprināts, apzīmē <i>Quartz</i> varietāti
Amfiboli	(Amfiboles)	Minerālu grupa
Analcīms	Analcime	
Andradīts	Andradite	
Anhidrīts	Anhydrite	
Ankerīts	Ankerite	
Anortīts	Anorthite	
Antimonīts (stibnīts)	Antimonite	Tikai apzīmējot <i>Stibnite</i> varietāti
Antofilīts (kumingtonīts)	Anthophyllite	
Apatīts	Apatite	Nav apstiprināts, apzīmē 7 atšķirīgus minerālus
Aragonīts	Aragonite	
Argentīts	Argentite	Nav apstiprināts
Arsenopirīts	Arsenopyrite	
Azbests	(Asbestos)	Nav apstiprināts, apzīmē 4 atsevišķus minerālus
Astrofilīts	Astrophyllite	
Ašarīts	Ascharite	Nav apstiprināts, <i>Szaibelyite</i> varietāte
Augīts	Augite	
Auripigments	Orpiment	
Azurīts	Azurite	
B		
Barīts	Barite	
Bemīts	Boehmite	Nosacīti apstiprināts, pētījumi turpinās

Berils	Beryl	
Bismutīns	Bismutite	
Bišofīts	Bischofite	
Biotīts	Biotite	Nav apstiprināts
Blāvā rūda	(Gray copper ore)	Minerālu grupa
(Boksīts)	(Bauxite)	lezis
Bornīts	Bornite	
Bronzīts	(Bronzite)	Nav apstiprināts, piemērojams divu minerālu – <i>Hypersthene</i> un <i>Enstatite</i> – varietāšu apzīmēšanai
Brusīts	Brucite	
C		
Celestīns	Celestine	
Ceolīti	(Zeolites)	Minerālu grupa
Cerusīts	Cerussite	
Cinobrs	Cinnabar	
Cirkons	Zircon	
Citrīns	Citrine	Pareizi jālieto kā vārdu salikums <i>citrine-yellow</i> , apzīmējot <i>Quartz</i> varietāti
D		
Datolīts	Datolite	
Desmīns, sk. stilbīts	Desmine	Nav apstiprināts, lieto, apzīmējot divu minerālu – <i>Stilbite</i> – Ca un Na – varietāti
Diaspors	Diaspore	
Dimants	Diamond	
Diopsīds	Diopside	
Distēns (sk. kianīts)	Disthene	Nav apstiprināts, izmantojams tikai <i>Kyanite</i> varietātes apzīmēšanai vēsturiskajā nozīmē
Dolomīts	Dolomite	
Dzelzs jeb ferīts	Iron	
E		
Eidialīts	Eudialyte	
Egirīns	Eegirine	
Enstatīts	Enstatite	
Epidots	Epidote	
Epsomīts	Epsomite	
Eritrīns	Erythrite	
F		
Fajalīts	Fayalite	
Flogopīts	Phlogopite	
Fluorīts	Fluorite	
Forsterīts	Forsterite	

G		
Galenīts	Galena	
Gētijs	Goethite	
Gibsīts	Gibbsite	
Glaukonīts	Glauconite	
Granāti	(Garnets)	Minerālu grupa
Grafīts	Graphite	
Grosulārs	Grossular	
Ģ		
Ģipsis	Gypsum	
H		
Halcedons	Chalcedony	Nav apstiprināts, lietojams tikai, lai apzīmētu kvarca varietāti <i>Chalcedony microcrystalline quartz</i>
Halīts	Halite	
Halkopirīts	Chalcopyrite	
Halkozīns	Chalcocite	
Haluazīts	Halloysite	
Hedenbergīts	Hedenbergite	
Heilandīts	Heulandite	Divi minerāli, apstiprināts tikai <i>Heulandite-Ca</i>
Hematīts	Hematite	
Hidroboracīts	Hydroboracite	
Hiperstēns	Hypersthene	
Hlorīti	(Chlorites)	Plaša minerālu grupa
Hzopprazs	(Chrysoprase)	<i>Quartz</i> sinonīms apzīmē tikai ābolzaļu varietāti
Hrizotilazbests (serpentīn-azbests)	(Chrysotile-asbestos)	Izmantojams tikai iezā apzīmēšanai
Hromīts	Chromite	
I		
Ilīts	Illite	Nav apstiprināts
Ilmenīts	Ilmenite	
Injoīts	Inyoite	
J		
Jarozīts	Jarosite	
K		
Kalcīts	Calcite	
Kaolīnīts	Kaolinite	
Karnalīts	Carnallite	
Karnotīts	Carnotite	
Kasiterīts	Cassiterite	
Kianīts jeb distēns	Kyanite	

Kobaltīts (kobaltīns)	(Cobaltine)	Anulēts termins, aizvietots ar <i>Cobaltite</i>
Korunds	Corundum	
Kovelīns	(Covellite)	Anulēts termins, var lietot <i>Covellite</i> varietātes apzīmēšanai
Krams	Chert	Termins <i>Flint</i> lietojams tikai ieža apzīmēšanai
Krokoīts	Crocoite	
Kumingtonīts, sk. antofilīts	Cumming- tonite	
Kvarcs	Quartz	
L		
Labradora	Labradorite	Nav apstiprināts, latviski izšķirams terminu lietojums: labradora (minerāls) un labradorīts (iezis)
Lamprofilīts	Lamprophyllite	
Laukšpati	(Feldspar)	Minerālu grupa
Lazurīts	Lazurite	
Ledus	Ice	
Leicīts	Leucite	
Lepidokrokīts	Lepidocrocite	
(Limonīts)	(Limonite)	Tikai kā <i>Goethite</i> varietāte
Ludvigīts	Ludwigite	
M		
Magnetīts	Magnetite	
Magnezīts	Magnesite	
Manganīts	Manganite	
Malahīts	Malachite	
Mālu minerāli	(Clay minerals, argillaceous minerals)	Vārdu salikums nav mineralogijā lietojams
Markazīts	Marcasite	
Mikroklīns	Microcline	
Mirabilīts	Mirabilite	
Molibdenīts	Molybdenite	
Monaciīts	Monazite	Apzīmē 4 minerālus, ir jānosaka dominējošais retzemju elements (Nd, Ce, La, Sm)
Montmorilonīts	Montmorillo- nite	Nav apstiprināts, apzīmē <i>Beidellite</i> divas varietātes
Morions	(Morion)	Neregistrēta varietāte
Muskovīts	Muscovite	
N		
Natrolīts	Natrolite	
Nefelīns	Nepheline	
(Nefrīts)	(Nephrite – jade)	Tikai kā <i>Actinolite</i> varietāte

Nikelīns	Nickeline	
Nontronīts	Nontronite	
O		
Oligoklāzs	Oligoclase	
Olivīni	Olivine	Nav apstiprināts, apzīmē divas minerālu varietātes, tostarp <i>Forsterite</i> varietāti
Omfacīts	Omphacite	
Opāls	Opal	
Ortoklāzs	Orthoclase	
Otenīts	Autunite	
P		
Paragonīts	Paragonite	
Pentlandīts	Pentlandite	
Pirīts	Pyrite	
Pirohlors	Pyrochlore	
Piroksēni	(Pyroxenes)	Minerālu grupa
Piroluzīts	Pyrolusite	
Pirops	Pyrope	
Pirotīns	Pyrrhotite	
Plagioklāzi	Plagioclase	Nav apstiprināts
Platīns	Platinum	
Povelīts	Powellite	
Psilomelāns	(Psilomelane)	Minerālu grupa, nosaukums diskreditēts
R		
Ragmāņi	(Hornblendes)	Plaša minerālu grupa
Realgars	Realgar	
Rodohrozīts	Rhodochrosite	
Rodonīts	Rhodonite	
Rubelīts	(Rubellite)	Tikai kā <i>Elbaite</i> varietāte
Rubīns	(Ruby – red)	Nav apstiprināts kā paveids vai varietāte
Rutils	Rutile	
S		
Sanidīns	Sanidine	
Safīrs	(Sapphire)	Nav apstiprināta kā noteikta korunda vai kvarca varietāte, nezinātnisks nosaukums
Serdolīks	(Carnelian)	Nav apstiprināts, apzīmē tikai kvarca varietāti
Serpentīns	(Serpentine)	Nav apstiprināts, lietojams sinonīms <i>Clinochrysoīle</i>
Sērs	Sulfur	
Sfalerīts	Sphalerite	
Sfēns	(Sphene)	Tikai <i>Titanite</i> varietātes apzīmēšanai
Siderīts	Siderite	
Silvīns	Sylvite	

Smaragds	(Emerald)	Divu minerālu – <i>beryl</i> un <i>zaratite</i> – varietāšu sinonīms
Smektiīti	(Smectites)	Plaša minerālu grupa
Smitsonīts	Smithsonite	
Sodalīts	Sodalite	
Spesartīns	Spessartine	
Spodumens	Spodumene	
Staurolīts	Staurolite	
Stibnīts, sk. antimonīts	Stibnite	
Stilbīts jeb desmīns	Stilbite	Izmantojams tikai <i>Stilbite</i> – Ca apzīmēšanai, pārējās varietātes nav apstiprinātas
Stroncianīts	Strontianite	
Sudrabs	Silver	
Š		
Šamozīts	Chamosite	
Šēlīts	Scheelite	
Špinelis	Spinel	
T		
Talks	Talc	
Tenardīts	Thenardit	
Tirkīzs	Turquoise	
Titānmagnetīts	(Titanomagnetite)	Tikai kā <i>Ilmenite</i> sinonīms
Topāzs	Topaz	
Torbernīts	Torbernite	
Tremolīts	Tremolite	
Tridimīts	Tridymite	
Turmalīns	(Tourmaline)	11 atsevišķu minerālu grupa
U		
Uleksīts	Ulexite	
Uvarovīts	Uvarovite	
V		
Varš	Copper	
Vermikulīts	Vermiculite	
Vivianīts	Vivianite	
Vizlas	(Mica)	Minerālu grupa
Volastonīts	(Wollastonite)	Kopā ir 7 minerāli, apstiprināts tikai <i>Wollastonite</i> – 1A
Volframīts	(Wolframite)	Nav apstiprināts
Vulfenīts	Wulfenite	
Z		
Zelts	Gold	

Piebilde. Iekavās dotie nosaukumi angļiski izmantojami, ņemot vērā norādītās piezīmes.

Minerālu noteikšanas tabulas

1. Tīrradņu minerālu klase

Nosaukums, ķīmiskais sastāvs	Nosaukums, ķīmiskais sastāvs	Fizikālās īpašības						Citas īpašības
		Spīdums	Krāsa	Svītras krāsa	Cietība pēc Mosa skalas	Skaldnība	Blīvums, g/cm ³	
TĪRRADŅU METĀLI								
Zelts Au	Kubiskā; graudi, tīrradņi, dendrīti, sikas plāksnītes	Metālisks	Zeltaini dzeltena	Metāliska, spīdīga dzeltena	2,5-3; var griezt ar nazi	Nav	15,6-18,3 (tīram 19,3)	Nešķīst skābēs, laba kaļamība
Sudrabs Ag	Kubiskā; graudi, tīrradņi, dendrīti, pavedienveida kristāli	Metālisks	Sudrabaini balta	Metāliska, spīdīga	2,5-(3)	Nav	10,1-11,1 (vidēji 10,5)	Ļoti laba elektrovadītspēja un siltumvadītspēja
Varš Cu	Kubiskā; dendrīti, tīrradņi reti	Metālisks	Vara sarkana ar melnu, zaļu uzsubējumu	Metāliska, spīdīga	2,5-3	Nav, lauzums kāšveida	8,5-8,9 (vidēji 8,9)	Laba kaļamība un elektrovadītspēja
Platīns Pt	Kubiskā; graudi, sīki kubiski kristāli, tīrradņi	Metālisks	Sudraboti balta, tēraudpelēka	Metāliska, tēraudpelēka	4-4,5	Nav izteikta	15-19	Skābēs nešķīst
Dzelzs jeb ferīts Fe	Kubiskā; sīki graudi	Metālisks	Tēraudpelēka	Spīdīga, tēraudpelēka	4-5	Nav, lauzums atskabargains	7-7,8	Magnētiska

NEMETĀĻU TĪRRADĻI

Dimants C	Kubiskā; kristāli – oktaedri, kubi, retāk rombo- dodekaedri	Dimanta	Bezkrāsaina, arī melna, sarkana, dzeltena, zila, zaļa	Nav	10 – etalons	Plīnīga pa oktaedru	3,47– 3,56	Vāja elektrova- dītspēja, skābēs nešķīst, lumīniscē
Grafiīts C	Heksagonālā, blīva masa, kristāli, plāt- ņaini, zvīņaini	Metālisks vai matēts	Dzelzs melns – tēraudpelēks	Melna	1 – etalons	Plīnīga vienā virzienā	2,09– 2,33	Labā elektrova- dītspēja, skābēs nešķīst
Sērs S	Rombiskā; blīva zemjaina masa, drūzas, sate- cējumi, uzsubējumi	Skaldnei – dimanta, lauzumā – taukains	Dažādas dzeltenas nokrāsas	Dzeltenīga	1,5–2	Nepilnīga	2,05– 2,08	Zema kušanas temperatūra, labs siltumizolators, viegli aizdegas

2. Sulfīdu klase

Nosaukums, ķīmiskais sastāvs	Singtonija, agregātu morfoloģija	Fizikālās īpašības						Citas īpašības
		Spīdums	Krāsa	Svītras krāsa	Cietība pēc Mosa skalās	Skaldnība	Blīvums, g/cm ³	
VIENKĀRŠIE SULFĪDI								
Sfalerīts (Zn, Fe)S	Kubiskā; graudaini agregāti, oolīti, kristāli	Metālisks, arī dimanta	Gaiši brūna, melna	Balta līdz brūnai	3,5-4	Pilnīga	3,5-4,0	Luminiscē ultravioletajos un rentgenstaros
Cinobrs HgS	Trigonālā; graudaini agregāti, zemjaina masa, retāk kristāli	Dimanta	Sarkana	Splīgti sarkana	2-2,5	Pilnīga	8,0-8,2	
Galenīts PbS	Kubiskā; graudaini agregāti, drūzas, iekļāvumi	Metālisks	Svina pelēka	Pelēki melna	2-3	Pilnīga pa kubu (trīs virzienos)	7,4-7,6	
Halkozīns Cu ₂ S	Rombiskā; graudaini agregāti	Metālisks	Svina pelēka	Tumši pelēka, melna	2,5-3	Nepilnīga	5,5-5,8 (vidēji 5,7)	Skābās šķīst, laba elektrovadītspēja
Pirotīns Fe _{1-x} S	Heksagonālā; bīvi graudaini ag- regāti, kristāli reti	Metālisks	Bronzas dzeltēna, sarkana	Pelēki melna	3,5-4,5 (visbie- žāk 4)	Nepilnīga	4,58-4,7 (biežāk 4,5)	Bieži magnētisks

Argentīts Ag ₂ S	Rombiskā; kristāli, blīva masa	Metālisks	Gaiši pelēka	Melna	2-2,5	Nepilnīga	7,2-7,6	Labā kalamība
Pentlandīts (Fe, Ni) ₉ S ₈	Kubiskā; blīvi graudaini agregāti, porfirveida iekļāvumi pirotinā	Metālisks	Spilgta bronzas dzeltena	Gaiša bronzas dzeltena	3,5-4	Pilnīga	4,5-5 (vidēji 4,9)	
Antimonīts jeb stibnīts Sb ₂ S ₃	Rombiskā; graudains, adatveida, diegveida kristāli	Metālisks	Svina pelēka	Svina pelēka	2 (līdz 2,5)	Pilnīga	4,6	Trausls, lokans
Bismutīts Bi ₂ S ₃	Rombiskā; blīvs, graudains, kristāli	Izteikti metālisks	Svina pelēka līdz alvas baltai	Svina pelēka	2 (līdz 2,5)	Pilnīga	6,4-6,8 (vidēji 6,6)	Trausls, elektrību nevada
Auripigmēnts As ₂ S ₃	Monoklīnā; plātņains, graudains, pulverveida, arī kristāli	Dimanta, pusmetālisks	Citrondzeltēna	Citrondzeltēna	1,5-2	Ļoti pilnīga	3,5	
Kovelīns Cu ₂ S · Cu ₂ S ₂	Heksagonālā; blīvi agregāti, pulverveida	Pusmetālisks	Melns, indigo zils	Pelēki melna	1,5-2	Pilnīga	4,6 (līdz 4,7)	
Molibdenīts MoS ₂	Heksagonālā; zvirņaini vai blīvi	Metālisks	Svina pelēka	Pelēka ar zaļganu nokrāsu	1	Ļoti pilnīga	4,7 (līdz 5,0)	
Realgārs As ₂ S ₄	Monoklīnā; graudaini, zemjaini agregāti, kristāli	Taukains	Oranži sarkana	Gaiši oranža	1,5-2	Pilnīga	3,4-3,6 (vidēji 3,5)	

Fizikālās īpašības								
Nosaukums, ķīmiskais sastāvs	Singonija, agregātu morfoloģija	Spīdums	Krāsa	Svītras krāsa	Cietība pēc Mosa skalas	Skaldnība	Blīvums, g/cm ³	Citas īpašības
DUBULTIE SULFĪDI								
Halkopīrīts CuFeS ₂	Tetragonālā; graudaini agregāti, iekļāvumi, kristāli reti	Metālisks	Misina dzeltena	Zaļgani melna	3-4	Nepilnīga	4,1-4,3	Trausis
Stanīns Cu ₂ FeSn ₄	Tetragonālā; neregulāras formas kristāli un viendabīga masa	Metālisks	Tēraudpelēka - melna	Melna	3,5	Nav	4,4	Trausis
Bornīts Cu ₃ FeS ₄	Kubiskā; blīvi agregāti, iekļāvumi	Pusmetālisks	Sudrabaini melna ar varikšņainu irizāciju	Pelēki melna	3	Nav	4,9-5,2	Vada elektrību
DISULFĪDI UN TO ANALOĢI								
Pīrīts FeS ₂	Kubiskā; blīvi agregāti, kristāli - kubi, pentagondodekaedri, konkrēcijas	Metālisks	Spilgti dzeltena	Tumši brūna, zaļi melna	6-6,5	Nepilnīga, lauzums nelīdzens, dažreiz gļie-mežnīcas	4,9-5,2	Trausis, vāji vada elektrību
Markazīts FeS ₂	Rombiskā; kristāli, rozetes, konkrēcijas	Metālisks	Spilgti dzeltena	Tumši zaļi pelēka	5-6	Nepilnīga	4,6-4,9	

Kobaltīts CoAsS	Kubiskā; graudaini agregāti, kristāli	Metāliskis	Sudrabaini pelēka ar sārtu nokrāsu	Pelēki melna	5-6 (vishļežāk 5,5)	Vidēja	6-6,5 (vidēji 6,3)	Nosaukums aizstāj iepriekš lietoto kobaltīns
Arsenopirīts FeAsS	Monoklīnā; blīvi graudaini agregāti, kristāli	Metāliskis	Alvas balta	Pelēki melna	5,5-6	Pilnīga	5,9-6,2	Vada elektrību

KOMPLEKSIE SULFĪDI JEB SULFOSAĻU MINERĀLI

Blāvā rūda Cu ₃ (Sb, As)S ₃	Kubiskā; blīvi agregāti	Metāliskis vai pusmetāliskis	Tēraudpelēka, melna	Tēraudpelēka, melna	3-4	Nav	4,5-5,0	Vāji vada elektrību
---	----------------------------	---------------------------------	------------------------	------------------------	-----	-----	---------	---------------------

TELURĪDI, ARSENĪDI, ANTIMONĪDI UN BISMUTĪDI

Empresīts AgTe	Rombiskā; graudaini agregāti	Metāliskis	Bronzas	Pelēka	3,5	Vāji izteikta	7,5	
Hesīts Ag ₂ Te	Monoklīnā; prizmatiski kristāli	Metāliskis	Svina pelēka - tēraudpelēka	Gaiši pelēka	1,5-2	Vāji izteikta vienā virzienā	7,2-7,9	
Štucīts Ag _{4,7} Te ₃	Heksagonālā; atsevišķi graudi	Metāliskis	Pelēka vai pelēcīga bronzas krāsa	Svina pelēka	3,5	Nav izteikta	8	
Nikelīns NiAs	Heksagonālā; blīvi un nīerveida agregāti, dendriti	Metāliskis	Gaiša vara sarkana	Tumši brūna, melna	5	Nepilnīga	7,58-7,6	Trausls

		Fizikālās īpašības						
Nosaukums, ķīmiskais sastāvs	Singonija, agregātu morfoloģija	Spīdums	Krāsa	Svītras krāsa	Cietība pēc Mosa skalas	Skaldnība	Blīvums, g/cm ³	Citas īpašības
Tenanīts Cu ₁₂ As ₄ S ₁₃	Kubiskā; graudaina masa	Metālisks	Pelēcīgi brūna	Sarkanīgi pelēka	3-4,5	Nav	4,6-4,7	
Energīts Cu ₃ As ₂	Rombiskā; prizmatiski atsevišķi kristāli	Pusmetālisks	Tēraudpelēka līdz dzelzs melnai	Pelēcīgi melna	3,5	Izteikta divos virzienos	4,4-4,5	Uz prizmām svikojums. Nav caurspīdīgs
Prusīts Ag ₃ As ₂	Trigonālā; graudu ieslēgumi, masa	Dimanta	Koši sarkana	Koši sarkana	2-2,5	Izteikta vienā virzienā	5,57-5,64	Trausis, lauzums gliemežnīcas. Puscaurspīdīgs
Tetraedrīts Cu ₁₂ Sb ₁₄ S ₁₃	Kubiskā; graudaina masa, masīvi agregāti	Metālisks - pusmetālisks	Tēraudpelēka līdz dzelzs melnai	Melna ar brūnu nokrāsu	3-4	Nav izteikta	4,4-5,4	Dviņu formas. Trausis
Burnonīts CuPbSbS ₃	Rombiskā; atsevišķi graudi un viendabīga masa	Metālisks	Tēraudpelēka - svina pelēka	Melna	2,5-3	Izteikta vienā virzienā	5,7-5,9	Krustveida kristālu saaugumi. Trausis
Pirargīts Ag ₃ SbS ₃	Trigonālā; atsevišķi graudi	Pusmetālisks	Dzelzs melna pelēka	Ķiršu sarkana	2,5	Neizteikta	5,77-5,86	Kristāli var būt puscaurspīdīgi
Stefanīts Ag ₆ SbS ₄	Rombiskā; agregāti, viendabīga masa	Metālisks	Pelēcīgi melna	Melna	2-2,5	Vidēja vienā virzienā	6,2-6,3	Trausis, vāji vada elektrību

Polibazīts (Ag, Cu) ₁₆ Sb ₂ S ₁₁	Monoklīnā, atsevišķi kristāli	Metālisks	Pelēki melna	Melna ar tumši sarkanu nokrāsu	2-3	Izteikta vienā virzienā	6,27-6,33	
Bulanžerīts Pb ₃ Sb ₄ S ₁₁	Monoklīnā, sīkgraudaina masa, šķiedrainas formas	Metālisks	Svina pelēka līdz dzelzs melnai	Melna ar brūnu nokrāsu	2,5-3	Vidēja vienā virzienā	6,23	Trausls
Džemsonīts Pb ₄ FeSb ₆ S ₁₄	Monoklīnā, kristāli un agregāti	Metālisks	Svina pelēka	Pelēki melna	2-3	Izteikta vienā virzienā	5,5-6	Saaugumi ar kvarcu, aizpilda drūzas. Lauzums nelīdzens, trausls
Aikininīts CuPbBiS ₃	Rombiskā, atsevišķi kristāli, graudaina masa	Metālisks	Svina pelēka, tēraudpelēka	Pelēki melna, spīdīga	2-2,5	Neizteikta	6,1-6,7	Saaugumi ar kvarcu, šķiedraini agregāti. Trausls

3. Halīdu klase

Nosaukums, ķīmiskais sastāvs		Singonija, agregātu morfoloģija	Fizikālās īpašības					Citas īpašības	
			Spīdums	Krāsa	Svītras krāsa	Cietība pēc Mosa skalas	Skaldnība		Blīvums, g/cm ³
VIENKĀRŠIE HALĪDI									
Fluorīts CaF ₂	Kubiskā; zemjaini, graudaini, drūzas	Stiklains	Violeta, gaiši zaļgana, zilgana, bezkrāsas	Balta		4	Pilnīga	3,18	Katodluminiscents, termoluminiscents
Halīts NaCl	Kubiskā; drūzas, uzsubējumi, graudaini	Stiklains	Balta, bezkrāsas	Balta		2-2,5	Pilnīga trīs virzienos	2-2,16	Labi šķīst ūdenī. Sāļa garša
Silvīns KCl	Kubiskā; graudaini	Stiklains	Bezkrāsas, iedzeltens, sārts	Balta		2	Pilnīga	1,97-1,99	Labi šķīst ūdenī, rūgti sāļa garša
KOMPLEKŠIE HALĪDI									
Karnalīts KMgCl ₃ · 6H ₂ O	Rombiskā; graudaini	Stiklains	Balta, sarkana, rozā, zila	Balta		1-2	Nav	1,6	Grūti šķīst ūdenī, asi rūgta, sāļa garša
Bišofīts MgCl ₂ · 6H ₂ O	Monoklīmā; šķīdrami, adatveida, plāksņaini kristāli	Stiklains	Balta	Balta		1-2	Nav	1,6	Šķīst ūdenī, trausis, higroskopisks

4. Oksīdu klase

Nosaukums, ķīmiskais sastāvs	Singonija, agregātu morfoloģija	Fizikālās īpašības						Citas īpašības
		Spīdums	Krāsa	Svītras krāsa	Cietība pēc Mosa skalas	Skaldnība	Blīvums, g/cm ³	
VIENKĀRŠIE OKSĪDI								
Kuprīts Cu ₂ O	Kubiskā; viendabīga sīkgraudaina masa, pulverveida agregāti	Dimanta, matēts	Sarkana, sarkanbrūna	Sarkana	3,5-5	Nav	6	
Korunds Al ₂ O ₃	Trigonālā; bieži kā iekļāvumi iežos, retāk graudi, kristāli – stabveida, mucinveida	Stikla līdz dimanta	Zilgana, sarkana, melna	Nav	9 – etalons	Nav, lauzums nelīdzens	3,95-4,1	Varietātes: rubīns, safīrs
Hematīts Fe ₂ O ₃	Trigonālā; sešstūrīgi kristāli, zvirņaini, slēptkristāliki, zemjaini agregāti	Pusmetālisks	Dzelzmelna, spilgti sarkana	Ķīrsarkana	5-6	Nav, lauzums nelīdzens	5,0-5,3	Trausis, nav magnētisks
Rutīls TiO ₂	Tetragonālā; kristāli – izstiepti, adatveida	Dimanta – metālisks	Dzeltena, brūna, sarkana, melna	Gaiši brūna	6-6,5	Pilnīga	4,2-4,3	Bieži dvīnkristāli
Kasiterīts SnO ₂	Tetragonālā; labi veidoti kristāli, saaugumi ar kvarcu	Dimanta – taukains	Sarkana, dzeltenīgi brūna līdz brūni melnai	Gaiši brūna	6,5-7	Nepilnīga	6,8-7,0	

Nosaukums, ķīmiskais sastāvs	Singonija, agregātu morfoloģija	Fizikālās īpašības					Citas īpašības
		Spīdums	Krāsa	Svītras krāsa	Cietība pēc Mosa skalās	Skaldnība	
Piroluzīts MnO ₂	Tetragonālā; graudaini, pulver- veida agregāti un konkrēcijas	Pusmetā- lisks	Melna	Melna	5-6; zemjaj- niem ag- regātiem 2-3	Pilnīga	4,7-5,0 Ļoti trausls
Uraninīts UO ₂	Kubiskā; note- cējumu formas, zemjaini agregāti	Neme- tālisks, sveķains	Melna, rakstu- rīgi dzelteni apsūbējumi	Tumši brūna līdz melnai	5,5-6	Neizteikta	8-10 Stipri radioaktīvs
Kvarcs SiO ₂	Trigonālā, heksago- nālā, kubiskā (atka- rībā no veidošanās temperatūras), graudains, kristāli, dviņkristāli	Stikla	Caurspīdīgs, balta	Bezkrāsas	7 - etalons	Nav, lauzums gliemežnīcas	2,5-2,8 Variatātes: melna (morions), dzeltēna (citrīns), violela (ametists). Trausls. Pjezoelek- triskas īpašības
KOMPLEKSIE OKSĪDI							
Špinelis MgAl ₂ O ₄	Kubiskā; izteikti kristāli, sīk- graudaini agregāti	Stiklains	Sarkana, dzeltēna, zaļa, zila, melna	Nav	8	Nav	3,5-3,7
Magnetīts (titanmagne- tīts) FeFe ₂ O ₄	Kubiskā; izteikti oktaedriski kristāli, sīkgraudaini agregāti	Pusmetā- lisks	Dzelzs melna	Melna	5,5-6,0	Nav	5,0-5,2 Stipri magnētisks, trausls

Hromīts FeCr_2O_4	Kubiskā; sīkgraudaini agregāti, sīki oktaedriski kristāli	Metāliskā – pusmetāliskā	Melna	Brūna	5,5–7,5	Nav	4,5–4,8	Ja daudz dzelzs – magnētiskā
Ilmenīts FeTiO_3	Trigonālā; plāksnaini kristāli, graudaini	Pusmetāliskā	Dzelzs melna	Melna, brūna	5,5–6	Nav	4,7	Vāji magnētiskā. Gļimežņiņas lauzums
Pirohlors (Na, Ca) ₂ Nb ₂ O ₆ (OH, F)	Kubiskā; atsevišķi oktaedriski kristāli un graudi	Taukains vai stiklains	Tumši brūna, sarkani brūna, dzeltenī zaļa	Gaiši dzeltena, gaiši brūna	5–5,5	Nav	4,2 – 6,4 (biežāk 4,03–4,36)	Radioaktīvs
Volframīts (Fe, Mn)WO ₄	Monoklīnā; atsevišķi kristāli	Stiklains, nemetāliskā	Sarkanīgi brūna, brūna	Brūna, gan drīz melna	4–4,5	Izteikta vienā virzienā	7,5	
Halcedons (ahāts) SiO ₂	Trigonālā; slēptkristāliskā, konkrēcijas	Matēts, stikla, zīda	Pelēka ar dažādām nokrāsām	Nav	7	Nav	2,59–2,61	Varietātes: oranži sarkana (serdoliķis), zaļa (hrizoprazs)
Tridimīts SiO ₂	Rombiskā vai heksagonālā; plāksnaini kristāli	Stiklains, perlamutra	Balta, pelēka, bezkrāsains	Nav	6–7	Nepilnīga	2,3	Trausls
Kristobalīts SiO ₂	Tetragonālā vai kubiskā; oktaedriski, kubiski kristāli, sferolīti	Stikla	Pienbalta	Nav	6,5–7	Nav	2,27	Trausls

Nosaukums, ķīmiskais sastāvs	Singonija, agregātu morfoloģija	Fizikālās īpašības					Citas īpašības
		Spīdums	Krāsa	Svītras krāsa	Cietība pēc Mosa skalas	Skaldnība	
HIDROKSIDĪ							
Gibsiīts Al(OH) ₃	Monoklīnā; satecējuma agre- gāti, slēpkristāliska masa	Stikla, skalduēm – perlamutra	Balta, pelēka, zalgana, sāta	Balta	2,5–3,5	Pilnīga	2,35– 2,43 Sinonīms – hidrar- giīts. Sastopams boksītos
Diaspors HAIO ₂	Rombiskā; zīnaini agregāti, plāksņveida, stab- veida, tabletteida kristāli	Stikla, skalduēm – perlamutra	Balta, dzel- tena, brūna, gaiši violeta	Balta	6,5–7	Pilnīga	3,3–3,5 (parasti 3,4) Ļoti trausls
Bemīts AlOOH	Rombiskā; slēpkristāliski agregāti	Agregātiem matēts	Gaiši dzelte- na, balta	Bezkrāsas	3,5–4	Pilnīga	3,019 Trausls
Gētiits FeO(OH)	Rombiskā; blīvi vai poraini pul- verveida agregāti, oolīti, nierveida satecējumi	Dimanta, pusmetā- lisks	Dzelteni brūna, tumši brūna līdz melnai	Brūna ar sarkanu nokrāsu	4,5–5,5	Pilnīga	3,3–4,4 Notecējumu formas
Lepido- krokīts FeO(OH)	Rombiskā; sīkzīnaini vai nier- veida agregāti	Dimanta	Sarkana, sar- kanīgi melna	Oranža, vara sar- kana	4–5	Pilnīga	3,84–4,1 (vidēji 4,0)

Brusīts $Mg(OH)_2$	Trigonālā, paralēli diegveida kristālu saaugumi	Stiklains, skaldnēm – perlamutra	Balta, zaļgana	Balta	2,5	Pilnīga	2,3-2,4	
Limoniīts $HFeO_2 \cdot nH_2O$	Zemjaina masa, masīvi agregāti	Matēts	Tumši brūna līdz melnai, dzeltenbrūna	Dzeltenbrūna	1-5	Nav	2,7-4,2	Nav minerāls, bet agregāts, iezis. Smērē rokas
Manganīts $MnO(OH)$	Monoklīnā, sīkkristāliiski agregāti, oolīti, satecēju- ma formas	Pusmetā- lisks	Melna	Brūna	3-4	Pilnīga	4,2-4,33; visbiežāk 4,3	Trausis
Psilomelāns $mMnO \cdot nMnO_2 \cdot pH_2O$	Rombiskā; satecējuma agregāti, dendriti, uzsubējumi	Pusmetā- lisks vai matēts	Melna	Melna	4-6; agre- gātiem mazāka	Nav	4,0-4,7	Trausis
Opāls $SiO_2 \cdot nH_2O$	Amorfs; nierveida satecēju- mi, stalaktīti, bijvas stiklam līdzīgas masas veidā	Stikla, per- lamutra	Balta, pelēka, un cita atkarī- bā no piemai- sījumiem	Balta	5-6,5	Nav	1,9-2,5	Raksturīga irizācija (opaliscence). Gliemežņīcas laužums

5. Karbonātu un borātu klase

Nosaukums, ķīmiskais sastāvs	Singonijs, agregātu morfoloģija	Fizikālās īpašības					Citas īpašības	
		Spīdums	Krāsa	Svītras krāsa	Cietība pēc Mosa skalas	Skaldnība		Blīvums, g/cm ³
VIENKĀRSĪE BEZŪDENS TRIGONĀLĀS SINGONIJAS KARBONĀTI								
Kalcīts CaCO ₃	Trigonāls; kristāli, drūzas	Stiklains	Pienbalta un gaišas nokrāsas	Balta	3 – eta- lons (bieži 3–3,5)	Pilnīga trīs virzienos	2,7 (bieži 2,6–2,72)	Trausls
Magnezīts MgCO ₃	Trigonāls; graudaini, kristālisti	Stiklains	Balta, pelēci- ga, dzeltenīga	Balta, gai- ši pelēka	3,5–4,5	Pilnīga	2,9–3,1	Trausls
Dolomīts Ca (Mg, Fe) (CO ₃) ₂	Trigonāls; romboedriski kristāli graudaini	Stiklains	Balta ar dzel- tenu, pelēku, brūnganu nokrāsu	Balta	3,5–4	Pilnīga trīs virzienos	1,8–2,9	
Siderīts FeCO ₃	Trigonāls; graudaini agregāti	Stiklains	Dzeltenīga, brūngana	Dzeltenīga	3,5–4,5	Pilnīga	3,9–4,0	Trausls
Ankerīts CaFe(CO ₃) ₂	Trigonāls; graudains	Stiklains	Balta, pelē- cīga	Balta	3,5	Pilnīga	2,9–3,2	
Rodohrozīts MnCO ₃	Trigonāls; graudaini, lielkris- tālisti	Stiklains	Sārta (rozā), tumsi pelēka, melna	Balta	3,5–4,5	Pilnīga	3,6–3,7	Trausls
Smitsonīts ZnCO ₃	Trigonāls; satecējumi, nier- veida	Stiklains	Balta ar zaļga- nu, brūnganu	Balta, gai- ši pelēka	4–5	Pilnīga	4,1–4,6	Trausls

VIENKĀRŠĪE BEZŪDENS ROMBISKĀS SINGONIJAŠ KARBONĀTI

Aragonīts CaCO_3	Rombiskā; oolītiski agregāti, satecējumi	Stiklains	Balta, dzeltena, gaiši zila	Balta	3,5-4, ļoti reti līdz 5	Nav	2,9-3,0	Raksturīgs skal- dības trūcums
Cerussīts PbCO_3	Rombiskā; graudains, pulver- veida	Dimanta	Balta, dzeltenīga, brūngana	Gaiši pelēka	3-3,5	Nepilnīga	6,4-6,6	
Stroncianīts SrCO_3	Rombiskā; graudaini	Stiklains	Bezkrāsas, dzeltenīga, zaigana	Balts	3,5-4	Nav	3,6-3,8	

SALIKTIE KARBONĀTI

Malahīts $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$	Monoklīnā; sīkgraudaini, uzšū- bējumi, satecējumi	Stiklains vai zīda, vai dimanta	Zaļa līdz gaiši zalai	Zaļa	3,5-4	Vidēja	3,9-4,1	
Azurīts $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$	Monoklīnā, zemjaina masa, sīki kristāli	Stiklains	Zīla, tumši zila	Gaiši zila	3,5-4	Pilnīga	3,7-3,9	Trausis

BORĀTI

Ašarīts $\text{Mg}_3(\text{B}_2\text{O}_7)(\text{OH})$ jeb MgHBO_3	Rombiskā; konkrēcijas, sīk- graudaina masa	Stiklains	Balta	Balta	3-3,5	Izteikta	2,65	Smērē pirkstus
Ludvigīts $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{Fe}(\text{BO}_3)_2$	Rombiskā; sīkgraudaini agre- gāti	Stiklains, matēts	Melna, zaigana	Tumši pelēka	5	Izteikta	3,6	

Fizikālās īpašības								
Nosaukums, ķīmiskais sastāvs	Singonija, agregātu morfoloģija	Spīdums	Krāsa	Svītras krāsa	Cietība pēc Mosa skalas	Skaldnība	Blīvums, g/cm ³	Citas īpašības
Hidroboračīts CaMg[B ₂ BO ₄ (OH) ₃] ₂ ·3H ₂ O jeb MgCaB ₆ O ₁₁ ·6H ₂ O	Monoklīnā; staraini agregāti	Stiklains	Balta	Balta	2	Pilnīga	2,17	
Boraks Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O	Monoklīnā; grau- daini agregāti, zemjaina masa	Stiklains	Balta	Balta	2-2,5	Izteikta	1,7	Šķīst ūdenī
Kolemanīts Ca ₂ B ₆ O ₁₁ ·5H ₂ O	Monoklīnā; radiāli, zemjaini agregāti	Stiklains	Balta	Balta	4	Izteikta vie- nā virzienā	2,44	Nešķīst ūdenī
NITRĀTI								
Nitratīns NaNO ₃	Trigonālā; garozīņu un viendabīgas masas agregāti	Stiklains, masai – matēts	Balta, dzelte- na, pelēcīga, sarkani brūna	Balta	1,5-2	Izteikta	2,25	Čīles salpetris, Garša viegli sāļa, viegli šķīst ūdenī
Niters KNO ₃	Rombiskā; garo- ziņas	Stiklains, masai – matēts	Balta, gaiši pelēka	Balta	2	Izteikta vie- nā virzienā	1,99	Indijas salpetris

6. Sulfātu klase

Nosaukums, ķīmiskais sastāvs	Singonija, agregātu morfoloģija	Fizikālās īpašības					Citas īpašības
		Spīdums	Krāsa	Svītras krāsa	Cietība pēc Mosa skalas	Skaldnība	
BEZŪDENS SULFĀTI							
Barīts Ba(SO ₄)	Rombiskā; stabveida, plāksņ- veida kristāli un drūzas	Stiklains, skaldnēm – perlamutra	Balta, pelēka, retāk sarkanī- ga, zilgana	Balta	3–3,5	Pilnīga	4,3–4,5 Trausis
Celestīns Sr(SO ₄)	Rombiskā, stabveida kristāli, žēodas, sekrēcijas, graudi	Stiklains, skaldnēm – perlamutra	Gaiši zila, balta	Balta	3–3,5	Pilnīga	3,9–4 Trausis
Anglezīts Pb(SO ₄)	Rombiskā; graudaini masīvi agregāti	Dimanta	Bezkrāsains	Balta, gai- ši pelēka	2,5–3	Vidēja	6,1–6,4
Anhidrīts Ca(SO ₄)	Rombiskā; graudaini, kristāli reti	Stiklains, skaldnēm – perlamutra	Balta ar gaiši zilu, sārtu nokrāsu	Balta, gai- ši pelēka	3–3,5	Pilnīga	2,8–3,0 Trausis
Tenardīts Na ₂ (SO ₄)	Rombiskā; graudaini agregāti	Stiklains	Bezkrāsas, caurspīdīga	Balta	2–3,5	Pilnīga	2,67 Trausis

Nosaukums, ķīmiskais sastāvs	Singtonija, agregātu morfoloģija	Fizikālās īpašības					Blīvums, g/cm ³	Citas īpašības
		Spīdums	Krāsa	Svītras krāsa	Cietība pēc Mosa skalas	Skaldnība		
ŪDENS MOLEKULAS SATUROŠI SULFĀTI								
Gipsis Ca(SO ₄)·2H ₂ O	Monoklīnā; drūzas, divkristāli šķiedraini, tāli šķiedraini, adaptveida kristāli, graudaini	Stiklains, šķiedrainiem agregātiem – zīda	Balta, bezkrāsas, gaiši sārta	Balta	2 – etalons (biežāk 1,5–2)	Pilnīga	2,3	Trauls
Mirabilīts Na ₂ (SO ₄)·10H ₂ O	Monoklīnā; zemjaini, pulverveida agregāti	Stiklains	Bezkrāsas, caurspīdīga	Balta	1,5–2	Pilnīga	1,5	Ļoti trauls. Garša sāji rūgta
KOMPLEKSIE SULFĀTI								
Alunīts KAl ₃ [SO ₄] ₂ [OH] ₆	Trigonālā; blīvi vai smalkkristāliiski agregāti, drūzas	Stiklains	Balta ar dzeltenīgu vai sarkanīgu nokrāsu	Balta, gaiši pelēka	3,5–4	Pilnīga	2,6–2,8	
Jarozīts KFe ₃ [SO ₄] ₂ [OH] ₆	Trigonālā; graudaini, zemjaini	Stiklains, skaldnēm – dimanta	Dzeltena	Dzeltena, velkot nereti dzirksteļo	2,5–3	Neizteikta	3,1–3,3	Piezelektriķis. Pēc taustes taukains
Epsomīts Mg(SO ₄)·7H ₂ O	Rombiskā; zemjaina masa, prizmatiski, adaptveida kristāli	Stiklains	Balta, bezkrāsas	Gaiši pelēka	2–2,5	Pilnīga	1,68	

HROMĀTI, VOLFRAMĀTI UN MOLIBDĀTI

Krokoīts Pb(CrO ₄)	Monoklīnā; drūzas	Dimanta	Splīgti oranži dzeltēna	Oranži dzeltēna	2,5–3	Izteikta	6,1	Trausis
Volframīts (Fe,Mn)(WO ₄)	Monoklīnā; lielgraudaini	Dimanta, nošķeltās virsmās – taukains	Brūni melna, sarkanbrūna	Sarkanbrū- na līdz gaiši dzeltenai	4,5–5,5	Plīnīga vienā virzienā	6,7–7,5	Var būt vāji mag- nētisks
Šēlīts Ca(WO ₄)	Tetragonālā; atsevišķi kristāli, drūzas, graudaini agregāti	Taukains	Balta, dzelte- nīga	Gaiši pelēka, dzeltenīga	4,5	Plīnīga	5,8–6,2	Trausis. Katodsta- ros un ultravio- letajos staros luminiscē
Povelīts Ca(MoO ₄)	Tetragonālā; zvirņaini, garoziņu	Dimanta	Gaiši dzelte- na, dzeltenīgi zaļa, melna	Gaiša, dzel- tenīga	3,5	Nav, lauzums nelidzens	4,25–4,52	Trausis, luminiscē
Vulfenīts Pb(MoO ₄)	Tetragonālā; atsevišķi kristāli, drūzas, blīva masa	Dimanta, vaska	Vaska dzel- tēna, oranži dzeltēna	Balta, gaiši pelēka	3	Plīnīga	6,3–7,0	

7. Fosfātu un arsenātu klase

		Fizikālās īpašības						
Nosaukums, ķīmiskais satīvs	Singonija, agregātu morfoloģija	Spīdums	Krāsa	Svītras krāsa	Cietība pēc Mosa skalas	Skaldnība	Blīvums, g/cm ³	Citas īpašības
FOSFĀTI								
Monacīts Ce(PO ₄)	Monoklīmā; atsevišķi kristāli	Stiklaīns	Dzelteni brūna	Dzeltenīga	5-5,5	Pilnīga	4,9-5,5	Bieži radioaktīvs
Apatīts Ca ₅ (PO ₄) ₃ (F, Cl, OH)	Heksagonālā; atsevišķi kristāli, graudaini agregāti	Stiklaīns, skaldnēm – taukains	Bezkrāsas, gaiši zila, zaļa, violela	Gaiša, pelecīga	5 – etalons (biežāk 5-6)	Nepilnīga	3,17-3,22; visbiežāk 3,2	Trausls. Lauzums neldzens
Vivianīts Fe ₃ (PO ₄) ₂ ·8H ₂ O	Monoklīmā; zemjaini, radiāli staraini agregāti	Stiklaīns vai matēts	Zīla, zaļgana, svaigi izrak- tam, mitram – pelēka	Zīlgana, brūngana	1,5-2; reti līdz 3	Pilnīga	2,6-2,9	Trausls. Gaisā viegli oksidējas un kļūst gaiši pelēks
Tirkīzs Cu ₃ (Al,Fe) ₆ (PO ₄) ₂ (OH) ₄ ·2H ₂ O	Triklīmā; blīvi slēptkristā- liski agregāti	Vaska	Gaiši zila	Gaiši pelē- ka, balta	5-6	Pilnīga	2,6-3,2	Trausls. Lauzums gliemežnīcas

ARSENĀTI

Anabergīts $Ni_3[AsO_4] \cdot 8H_2O$	Monoklīnā; uzsubējumi, zemjaina masa	Stiklains	Koši zaļa	Gaiši zaļa	2,5	Pilnīga	3,0	Trausls
Skorodīts $Fe[AsO_4] \cdot 2H_2O$	Rombiskā; sikkristāliskas drūzas	Stiklains, neizteikts	Netīri zaļa, pelēka	Pelēka zalgana	3,5	Neizteikta	3,3	Trausls. Lauzums nelīdzens
Eritrīns $Co_3[AsO_4] \cdot 8H_2O$	Monoklīnā; pulverveida, kristālistiski	Stiklains	Gaiši sāta, rozā	Gaiši sarkana	1,5-2,5	Pilnīga	2,95	Zemjainā masā cietība var būt 1

URANILFOSFĀTI UN URANILVANADĀTI
Urāna viziņu grupa

Torbernīts $Cu[VO_2]_2[PO_4]_2 \cdot 12H_2O$	Tetragonālā; zviņņaini, pulverveida	Stiklains, skaldnēm – perlamutra	Ābolu zaļa	Gaiši zaļa	2-2,5	Pilnīga	3,2-3,6	Stipri radioaktīvs
Otenīts $Ca[VO_2]_2[PO_4]_2 \cdot 8H_2O$	Tetragonālā; zviņņaini vai mazi kristāli	Skaldnēm – perlamutra	Zaļa, zaļi dzeltēna		2-3	Pilnīga	3,05-3,19	Stipri radioaktīvs
Karnotīts $K_2(UO_2)_2(VO_4)_2 \cdot 3H_2O$	Monoklīnā; uzsubējumi, pulverveida	Matēts	Koši dzeltēna	Gaiši dzeltēna	2-3,5	Pilnīga	4,46	Stipri radioaktīvs

8. Silikātu klase

Salu struktūras silikātu apakšklase

Nosaukums, ķīmiskais sastāvs	Singonija, agregātu morfoloģija	Fizikālās īpašības						
		Spīdums	Krāsa	Svītras krāsa	Cietība pēc Mosa skalas	Skaldnība	Blīvums, g/cm ³	Citas īpašības
Olivīni Forsterīts – fajāļīts (Mg,Fe) ₂ (SiO ₄)	Rombiskā; graudaini, kristāli reti	Stiklains	Dzeltenīga līdz olīvu zaļai	Gaiši pelēka, balta	6,5–7	Vidēja	3,0–3,9	Nelīdzens lauzums
Almandīns Fe ₃ Al ₂ (SiO ₄) ₃	Kubiskā; lieli kristāli	Stiklains, uz lauzuma virsmām – taukains	Sarkana, violeto sarkan- melna	Balta	7–8	Vāji izteikta	3,4–4,3	Nelīdzens lauzums
Grosulārs Ca ₃ Al ₂ (SiO ₄) ₃	Kubiskā; atsevišķi kristāli	Stiklains	Bezkrāsains, gaiši zaļa, dzeltēna	Gaiši pelēka	6,5–7,5	Nav	3,53	
Andradīts Ca ₃ Fe ₂ (SiO ₄) ₃	Kubiskā; kristālu drūzas	Stiklains	Brūna, dzelte- na, sarkana	Balta	6,5–7,5	Nav	3,75	
Uvarovīts Ca ₃ Cr ₂ (SiO ₄) ₃	Kubiskā: atsevišķi graudi, sīkgrau- daina masa	Stiklains	Koši zaļa	Gaiši pelēka	7–7,5	Nav	3,52	
Spesartīns Mn ₃ Al ₂ (SiO ₄) ₃	Kubiskā; kristāli, graudaini agregāti	Stiklains	Gaiši līdz tumši sarkanai, dzel- tena, brūna	Gaiši pelēka	7–7,5	Nav	4,18	

Pirops $Mg_3Al_2(SiO_4)_3$	Kubiskā; atsevišķi izometriski graudi	Stiklains	Tumši sarkana, violeta	Gaiši pelēka	7-7,5	Nav	3,51	
Cirkons $Zr(SiO_4)$	Tetragonālā; izstieptu prizmatisku kristālu veidā	Dimanta, uz skaldnēm var būt taukains	Sārta, sarkana, oranža, dzeltēna, brūna, pelēcīga	Gaiši pelēka	7,5-8	Nav	4,68-4,80	Var būt radioaktīvi piemaisījumi
Topāzs $Al_2(SiO_4)(F,OH)_2$	Rombiskā; atsevišķi kristāli	Stiklains	Bezkrāsains, gaiši zilgana, dzeltenīga, sārta	Gaiši pelēka	8 - etalons	Pilnīga	3,4-3,6	
Kianīts jeb distēns $Al_2(SiO_4)O$	Triklinā; plāksņveida, stabveida kristāli	Stiklains, perlamutra	Gaiši zila, zila, reti zaigana, dzeltēna	Pelēka	4,5-6,5	Pilnīga	3,5-3,7	Nevienmērīga cietība. Trausls
Andaluzīts Al_2SiO_5	Rombiskā; prizmatiski kristāli, radiāli agregāti	Stiklains	Pelēka, dzeltena, brūna, sārta	Balta	7-7,5	Labā	3,1-3,2	Lauzums nelīdzens, skabargains
Silimanīts $(Al_2O_3)(SiO_2)$	Rombiskā; šķiedraini un adatveida agregāti	Stiklains	Pelēki brūna, zaigana nokrāsa	Balta	6,5-7	Pilnīga	3,23-3,25	
Vezuvianīts $Ca_{10}Mg_2Al_4(Si_2O_7)_2(SiO_4)_5(OH)_4$	Tetragonālā; šķiedraini agregāti un graudaina masa	Stiklains	Dažādu nokrāsu zaļa	Balta	6,5	Nav izteikta	3,4	Agrākais nosaukums - vezuviāns. Trausls. Lauzums nelīdzens

Nosaukums, ķīmiskais sastāvs	Singonija, agregātu morfoloģija	Fizikālās īpašības					Citas īpašības	
		Spīdums	Krāsa	Svītras krāsa	Cietība pēc Mosa skalās	Skaldnība		Blīvums, g/cm ³
Epidots Ca ₂ (Al,Fe) ₃ (SiO ₄)Si ₂ O ₇ O (OH)	Monoklīnā; gari prizmatiski kristāli, radiāli agregāti	Stiklains	Zāles zaļa, retāk melna	Balta	6,5	Pilnīga	2,5-3,5 (biežāk 3,35-3,38)	Švīkojums paralēli izstiep- tām skaldnēm
Cioziīts Ca ₂ Al ₃ [Si ₂ O ₇][SiO ₄]O[OH]	Rombiskā; grau- daina masa	Stiklains	Pelēka, iezaļ- gana	Gaiši pelēka	6-6,5	Iztaikta vienā virzienā	3,3	Škautnēm gareniski švīkojumi

Gredzenu struktūras silikātu apakšklase

Nosaukums, ķīmiskais sastāvs	Singonija, agregātu morfo- loģija	Fizikālās īpašības					Citas īpašības	
		Spīdums	Krāsa	Svītras krāsa	Cietība pēc Mosa skalās	Skaldnība		Blī- vums, g/cm ³
Berils Be ₃ Al ₂ (Si ₆ O ₁₈)	Heksagonālā, stabveida kristāli, drūzas, iekļāvumi	Stiklains	Gaiša, dzeltenīga, zaļgana, sārta	Nav	7,5-8	Nepilnīga	2,63- 2,91; vidēji 2,7	Varietātes: rube- līts, smaragds, Lauzums neli- dzens
Kordierīts Mg ₇ Al ₄ Si ₅ O ₁₈	Rombiska; blīva viendabīga masa, atsevišķi ieslēgumi	Stiklains	Zila, violeta, bezkrāsains, pelēcīgs	Nav	7-7,5	Vāja vai vidēja	2,6-2,7	Gliemežnīcas lauzums

Turmalīns $X_3Y_3Z_6(Si_6O_{18})(BO_3)_3(OH)_4$, kur X=Ca, NaY=Mg, Li, Al, Fe ²⁺ , MnZ=Al, Fe ³⁺ , Cr	Stiklains	Sārta, zaļa, melna u. c.	Balta	7-7,5-8	Nav	2,9-3,2	Mīnerālu grupa – kopā 11 atsevišķi mīnerāli ar saviem nosaukumiem
Staurolīts $Al_4Fe(Si_4O_{10})_2(OH)_2$ vai $(Fe^{++}, Mg)_2Al_9(Si_4Al)_4O_{20}(O, OH)_4$	Stiklains	Sarkana, brūngana, brūni melna	Nav	7-7,5	Pilnīga	3,65-3,77	Krustveida kristālu saaugumi
Diopāts $CuSiO_2(OH)_2$	Stiklains	Smaragdzaļa	Zaļa	5	Nav izteikta	3,3	Vienmērpuscaurspīdīgs vai caurspīdīgs
Hzizokols $CuSiO_3 \cdot H_2O$ vai $(Cu, Al)_2H_2Si_2O_5(OH)_4 \cdot nH_2O$	Stiklains vai vaska	Gaiši zila vai zaļgani zila	Zaļgani balta	2-3	Gliemežnīcas veida lauzums	2,0-2,3	Raksturīga burbulveida virsma
Eidialīts $Na_2Ca_6(Fe, Mn)_{12}Zr_3(Si_3O_9)(Si_9O_{24}OH_9)_2$	Stiklains	Avensarkana	Sārta, gaiši pelēcīga	5-5,5	Nav	2,84-2,98	Trausls

Ķēdīšu struktūras silikātu apakšklase

Nosaukums, ķīmiskais sastāvs	Singtonija, agregātu morfologija	Fizikālās īpašības					Cietība pēc Mosa skalas	Skaldnība	Blīvums, g/cm ³	Citas īpašības
		Spīdums	Krāsa	Svītras krāsa	Krāsa	Svītras krāsa				
Volastonīts Ca ₃ (Si ₃ O ₈)	Monoklīnā; staraini un zvīņveida agregāti	Stiklains	Balta, pelēcīga			5-5,5	Plīnīga	2,78-2,92		
Rodonīts CaMn ₄ (Si ₅ O ₁₅)	Triklīnā; blīvi graudaini agregāti	Stiklains	Sārta, gaiši sārta			6-6,5	Plīnīga	3,7		
Rombiskie piroksēni										
Enstatīts Mg ₂ (Si ₂ O ₆)	Rombiskā; graudaini agregāti	Stiklains, perlamutra	Balta, pelēcīga, dzeltenīga, zaļgana	Pelēka		5-6	Plīnīga, vidēji izteikta	3,1-3,3-3,5		
Bronzīts (Mg, Fe) ₂ (Si ₂ O ₆)	Rombiskā; graudaini agregāti	Stiklains, perlamutra	Brūngana, tumši pelēka	Pelēka, gaiši brūna		5-6	Plīnīga	3,2-3,9		
Hiperstēns (Fe, Mg) ₂ (Si ₂ O ₆)	Rombiskā; graudaini agregāti	Stiklains	Brūngana, zaļgana	Pelēka ar brūnganu vai zaļganu nokrāsu		5-6	Plīnīga	3,3-3,5		

Monoklīnie piroksēni									
Diopsīds CaMg(Si ₂ O ₆) ar Fe, Na (om- facīts)	Monoklīnā; prizmatiski kristāli, graudaini agregāti	Stiklains	Gaiši un tumši zaļa	Pelēka, gaiši iezaļgana	5,5-7	Vidēja	3,27-3,38	Trausis	
Hedenbergīts CaMg(Si ₂ O ₆)	Monoklīnā; blīvi graudaini, radi- āli staraini agregāti	Stiklains	Zaļganas nokrāsas	Gaiši zaļgana	5,5-7	Plīnīga	3,5-3,6		
Augīts (Ca, Na)(Mg, Fe ²⁺ , Fe ³⁺ , Al)(Al, Si) ₂ O ₆	Monoklīnā; graudaini agregāti, īsi kristāli	Intensīvi stiklains	Tumši zaļa, zaļgani vai brūngani melna	Gaiši pelēka ar brūnganu vai zaļganu nokrāsu	5,5-7	Vidēja	3,2-3,5		
Egīrīns NaFe(Si ₂ O ₆)	Monoklīnā; lieli kristāli, radiāli staraini	Stiklains	Melna, tumši zaļa	Gaiši zaļgana	6-6,5	Plīnīga	3,43-3,6 (vidēji 3,5)		
Spodumens LiAl(Si ₂ O ₆)	Monoklīnā; prizma- tiski kristāli	Stiklains	Gaiši sārtā, zaļgana	Gaiši pelēka, gaiši sārtā	6-7	Plīnīga	3,13-3,20	Atska- bargains lauzums	

Lentu struktūras silikātu apakšklase

Nosaukums, ķīmiskais sastāvs	Singonija, agregātu morfoloģija	Fizikālās īpašības					Citas īpašības	
		Spīdums	Krāsa	Svītras krāsa	Cietība pēc Mosa skalās	Skaldnība		Blīvums, g/cm ³
Amfibolu grupa								
Tremolīts Ca ₂ Mg ₅ (Si ₈ O ₂₂)(OH) ₂	Monoklīnā; staraini, šķiedraini agregāti	Stiklains	Pelēcīgi gaiša	Gaiši pelēka	5,5–6,5	Plīnīga	2,9–3,0	Ļoti trausis
Aktinolīts Ca ₂ (Mg, Fe) ₅ (Si ₈ O ₂₂)(OH) ₂	Monoklīnā; staraini agregāti	Stiklains	Zaļgana	Pelēka	5,5–6,0	Plīnīga	3,17–3,3	Trausis
Ragmani Ca ₂ Mg ₃ Al ₂ (Al ₂ Si ₂ O ₂₂)(OH) ₂	Monoklīnā; prizmatiski, stabveid- da kristāli	Stiklains	Gaiši zaļa, tumši zaļa, melna	Balta, zaļgana	5,5–6	Plīnīga	3,0–3,5	Plaša mine- rālu grupa
Čarofīts K ₂ NaCa ₄ [Si _{1,2} O ₃₀] (OH, F) ₃ H ₂ O	Monoklīnā, smalk- graudaini agregāti, graudaina masa	Stiklains līdz zīdainam at- spīdumam	No gaiši viole- tas līdz tumši violetai	Gaiši pelēka, reti var būt ar violeto nokrāsu	5–5,5	Vidēja	2,5–2,6	Lauzums nelīdzens
Antofilīts jeb kumingtonīts (Mg, Fe) ₇ (Si ₈ O ₂₂)(OH) ₂	Rombiskā; blīvi vai staraini agregāti	Stiklains	Zaļgana	Gaiši pelēka, pelēka ar zaļ- ganu nokrāsu	5,5–6,5	Plīnīga	2,86–3,2	

Slāņu vai lapveida struktūras sliktātu apakšklase

Nosaukums, ķīmiskais sastāvs	Singonija, agregātu morfoloģija	Fizikālās īpašības						Citas īpašības
		Spīdums	Krāsa	Svītras krāsa	Cietība pēc Mosa skalas	Skaldnība	Blīvums, g/cm ³	
Talks $Mg_3(Si_4O_{10})(OH)_2$	Monoklīnā; blīvi un zvīņaini	Stiklains, perlamutra, taukains	Gaiši zaļgana vai balta	Balta, gaiši pelēka	1 – etalons	Ļoti pilnīga	2,7–2,8	
Serpentīns $Mg_3(Si_2O_5)(OH)_4$	Monoklīnā; sīkgraudaini, blīvi	Vaska, taukains vai stikla	Dzeltenīgi vai brūni zaļa, brūna, tumši brūna vai pat melna	Balta, pelēka	2,5–4	Nav	2,5–2,7	Slikti vada siltumu, elektrību, skaņu. Šķiedraini agregāti (serpentīnabests)
Kaolinīts $Al_2(Si_2O_5)(OH)_4$	Monoklīnā; slēptkristālisķi agregāti	Perlamutra, matēts	Balta	Balta	1–1,5	Pilnīga	2,58–2,63	Izteikti higroskopisks
Haluazīts $Al_2(Si_2O_5)(OH) \cdot nH_2O$	Monoklīnā; blīvi zemjaini	Vaska, matēts	Balta ar dzeltenīgu, sarkanīgu vai zilganu nokrāsu	Balta	1–2	Ļoti pilnīga	2,0–2,2	
Montmorilonīts $Mg_3(Si_4O_{10})(OH)_4 \cdot nH_2O$ vai $(Na,Ca)_{0,3}(Al,Mg)_2Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot n(H_2O)$	Monoklīnā; slēptkristālisķi, blīvi, zemjaini	Matēts, vaska	Gaiši pelēka, zaļgana	Gaiši pelēka	1,0–2,5	Pilnīga	Aptuveni 2,2–2,9	Aptaustot šķīst taukains, higroskopisks

		Fizikālās īpašības						Citas īpašības
Nosaukums, ķīmiskais sastāvs	Singonija, agregātu morfoloģija	Spīdums	Krāsa	Svītras krāsa	Cietība pēc Mosa skalas	Skaldnība	Blīvums, g/cm ³	
Vīzlas								
Muskovīts KAl ₂ (AlSi ₃ O ₁₀)(OH,F) ₂	Monoklīnā; plākšņveida kristāli, zvīņaini	Perlamutra uz skaldnēm, visbiežāk stikla	Bezkrāsains ar dzeltenīgu, pelēcīgu, zaļganu nokrāsu	Gaiši pelēka	2-3	Ļoti pilnīga vienā virzienā	2,76-3,10	Labs elektroizolators
Flogopīts KMg ₃ (AlSi ₃ O ₁₀)(OH,F) ₂	Monoklīnā; plākšņveida kristāli, zvīņaini	Stiklains, pusmepusmē tālisks, taukains	Zaļgana, ķieģel-sarkana, brūna, bezkrāsains	Gaiši pelēka, brūngana	2,5-4	Ļoti pilnīga vienā virzienā	2,70-2,85	Labs elektroizolators
Biotīts K(FeMg) ₃ (AlSi ₃ O ₁₀)(OH,F) ₂	Monoklīnā; plākšņveida kristāli, zvīņaini	Stiklains, perlamutra	Melna, tumši brūna, zaļa	Tumši un gaiši pelēka, brūngana	2-3	Ļoti pilnīga vienā virzienā	3,02-3,12	Gandrīz necaurspīdīgs
Lepidolīts KLi ₂ Al(AlSi ₃ O ₁₀)(OH,F) ₂	Monoklīnā; plākšņveida kristāli, zvīņaini, drūzas	Stiklains, perlamutra	Raksturīga gaiši sarta	Gaiši pelēka	2-3	Pilnīga vienā virzienā	2,8-2,9	Plāksnītes ļoti elastīgas

Hidrovizu grupa									
Vermikulīts $(\text{Mg, Fe, Fe})_3[\text{Si, Al}_2\text{O}_5](\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Monoklīnā; zīņaini agregāti	Perlamutra, taukains	Brūna, dzelteni brūna, bronzas dzeltena, zaļgana	Pelēcīga, brūngana iezālgana	1-1,5	Ļoti pilnīga	2,3-2,7	Karsējot tīpums palielinās 15-25 reizes. Nav elastīgs	
Glaukonīts $\text{K}_{-1}(\text{Fe, Al, Fe, Mg})_2\text{}_3(\text{Al, Si})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ vai $(\text{K, Na})(\text{Fe}^{++}, \text{Al, Mg})_2(\text{Si, Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	Monoklīnā; atsevišķi graudi, graudaini un zemjaini	Matēts, svaigiem graudiem var būt stikla	Dažādu nokrāsu zaļa, zilgana	Dažādu nokrāsu zaļgana	2-3	Visbiežāk nav, bet var būt vāji izteikta līdz vīdējai	2,2-2,9		
Iļīts $\text{K}_x\text{Al}_x(\text{Al}_x\text{Si}_{4-x}\text{O}_{10})(\text{OH})_2$	Monoklīnā; slēptkristālis-ki agregāti	Stiklains	Balta līdz gaiši pelēkai	Balta	1-2	Pilnīga	2,64-2,69		
Šamoziīts $\text{Fe}_x\text{Al}(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_6$	Monoklīnā; oolīti, blīvi slēptkristā-liski vai zemjaini	Matēts vai stiklains	Zaļa, tumši pelēka līdz melnai	Pelēka	2-3	Ļoti pilnīga	3,03-3,40		
Datoļīts $\text{Ca}(\text{BSiO}_4)(\text{OH})$	Monoklīnā; kristālu drūzas, graudaini vai satecējuma	Stiklains	Bezkrāsas, dzeltenīga, zaļgana	Gaiši pelēka	5,5-6	Nav	2,9-3,0	Lauzums gļie-mežnīcas	

Karkasa struktūras silīkātu apakšklase

Nosaukums, ķīmiskais sastāvs	Singtonija, agregātu morfoloģija	Fizikālās īpašības					Citas īpašības	
		Spīdums	Krāsa	Svītras krāsa	Cietība pēc Mosa skalas	Skaldnība		Bli- vums, g/cm ³
K – Na laukšpatu apakšgrupa								
Mikrokliņš (K, Na)(AlSi ₃ O ₈)	Triklīnā; lieli kristāli, grau- daini	Stiklains	Balta, gaiši sāta	Balta, gaiši pelēka	6–6,5	Pilnīga divos virzienos	2,55–2,58	Raksturīgi pertīti
Ortoklāzs K(AlSi ₃ O ₈)	Monoklīnā; lieli kristāli, grau- daini	Stiklains, uz skaldnības virsmām nereti perlamutra	Bezkrāsains, caurspīdīgs, sarkanīga, zaļgana	Balta	6 – etalons (nereti līdz 6,5)	Pilnīga divos virzienos	2,5–2,6	Varietātes – amazonīts, adulārs
Sanidīns K(AlSi ₃ O ₈)	Monoklīnā; plāt- ņaini kristāli	Stiklains, perlamutra	Bezkrāsains, pelēcīga	Gaiši pelēka	6	Pilnīga	2,56–2,62	
Ca – Na laukšpatu jeb plagioklāzu apakšgrupa								
Albīts Na(AlSi ₃ O ₈)	Triklīnā; sīkgraudaini, cukurveida, plāt- ņaini kristāli	Stiklains	Balta	Balta, gaiši pelēka	6–6,5	Pilnīga	2,62–2,65	
Oligoklāzs (Na,Ca) ((Si,Al)AlSi ₂ O ₈)	Triklīnā; graudaini	Stiklains	Balta, pelē- cīga	Gaiši pelēka	6–6,5	Pilnīga	2,63–2,66	

Labradors (Ca,Na)(Si, Al) ₂ O ₈	Triklīnā; graudaini, lielkristāli	Stiklains, perlamutra	Pelēka, melna ar irizāciju	Pelēka	6-6,5	Pilnīga	2,7	Sīks švīkojums uz skaldnēm	
Anorīts Ca(Al ₂ Si ₂ O ₈)	Triklīnā; graudaini	Stiklains, uz skaldnības virsmām perlamutra	Balta, pelēcīga, zilgani pelēka	Gaiši pelēka	6-6,5	Pilnīga	2,74-2,76		
Feldšpatīdi									
Leicīts K(AlSi ₃ O ₈)	Tetragonālā; iepaļas formas kristāli, graudaini agregāti reti	Stiklains	Pelēki balta, bezkrāsas	Pelēcīgi balta	5,5-6	Nav	2,45-2,50	Gilmežnīcas lauzums	
Nefelīns Na ₃ K(AlSi ₃ O ₈) ₂ vai (Na,K)AlSiO ₄	Heksagonālā; graudaini agregāti	Stiklains, lauzumā taukains	Bezkrāsas, pelēki sarkanīga, zaļgana	Pelēka	5-6	Praktiski nav	2,6		
Lazurīts Na ₂ Ca(Al ₃ Si ₃ O ₁₂)S	Kubiskā; blīvi, kristāli reti	Stiklains	Zila, gaiši zila	Gaiši zilgana, pelēcīga	5,5	Nepilnīga, neizteikta	2,38-2,42		
Natrolīts Na ₂ (Al ₂ Si ₃ O ₁₀)·nH ₂ O	Rombiskā; kristālu drūzas	Stiklains	Bezkrāsas, balts	Balta	5-5,5	Vidēja	2,2-2,5		
Stilbīts jeb desmīns (Na ₂ Ca)(Al ₂ Si ₆ O ₁₆)·nH ₂ O	Monoklīnā; kūļveida agregāti	Stiklains, perlamutra	Balta, sarkanīga	Balta	3,5-4	Pilnīga	2,1-2,2		

Raksturīgas minerālu īpašības to diagnostikai

Minerālu formas singoniija

Singoniija	Biežāk sastopami minerāli	Retāk sastopami vai makroskopiski nenosakāmi minerāli
Monoklīnā	Aktinolīts, arsenopirīts, augīts, auri-pigments, azurīts, biotīts, diopsīds, egirīns, epidots, eritrīns, flogopīts, gipsīts, glaukonīts, ģipsis, kaolinīts, malahīts, manganīts, mirabilīts, muskovīts, ortoklāzs, pirotīns, ragmāņi, realgārs, serpentīns, spodumens, stilbīts, talks, tremolīts, vermikulīts, vivianīts, volastonīts	Bišofīts, datolīts, haluzīts, heilandīts, hidroboracīts, ilīts, inžoīts, krokoīts, lamprofillīts, monacīts, montmorilonīts, nontronīts, paragonīts, sanidīns, šamozīts, volframīts
Triklīnā	Albīts, anortīts, kianīts (distēns), labradors, mikroklīns, rodonīts, tirkīzs	Oligoklāzs, uleksīts
Trigonālā	Alunīts, brusīts, cinobrs, cirkons, dolomīts, halcedons, hematīts, ilmenīts, jarožīts, kvarcs, kalcīts, korunds, leicīts, magnēzīts, rodohrozīts, siderīts, turmalīns	Ankerīts, smitsonīts, šēlīts
Tetragonālā	Cirkons, halkopirīts, kasiterīts, rutils, piroluzīts	Kristalobalīts, povelīts, vulfenīts
Rombiskā	Halkozīns, diaspors, sērs, olivīni (forsterīts – fajalīts), topāzs, antimoniīts, bismutīns, markazīts, gēfīts, bemīts, psilomelāns, staurolīts, rombiskie piroksēni (enstatīts, bronzīts, hiperstēns), antofilīts, natrolīts, barīts, celestīns, anhidrīts, aragonīts	Argentīts, ašarīts, cerusīts, epsomīts, karnalīts, lepidokrokīts, ludvigīts, montmorilonīts, stroncianīts, tenardīts, tridimīts
Kubiskā	Blāvā rūda, bornīts, fluorīts, gale-nīts, granāti (grosulārs, andradīts, almandīns, spesartīns), halīts, hromīts, kristalobalīts, kobaltīns, lazurīts, magnetīts, pentlandīts, pirīts, piroh-lors, pirops, sfalerīts, silvīns, špinelis, uvarovīts	Analcīms, dimants, dzelzs, platīns, sodalīts, sudrabs, varš, zelts
Heksagonālā	Apatīts, berils, grafitis, kovelīns, ledus, molibdenīts, nefelīns, nikelīns	
Amorfs	Opāls, dzintars	

Spīdums

Singonija	Biežāk sastopami minerāli	Retāk sastopami vai makroskopiski nenosakāmi minerāli
Zīda	Halcedons, ģipsis, malahīts	
Perlamutra	Anortīts, biotīts, kaolinīts, kianīts, labradors, muskovīts, opāls, rombiskie piroksēni (enstatīts, bronzīts, hiperstēns), stilbīts, talks, tridimīts, vermikulīts, anhidrīts (skaldnēm), barīts (skaldnēm), brusīts (skaldnēm), celestīns (skaldnēm), diaspors (skaldnēm), gipsīts (skaldnēm)	Paragonīts, sanidīns, uleksīts
Taukains, vaska	Apatīts (skaldnēm), kasiterīts, nefelīns, pirohlors, realģārs, serpentīns, sērs (lauzumā), talks, tirkīzs, vermikulīts	Haluazīts, montmorilonīts, nontronīts, sodalīts, šēlīts, vulfenīts
Matēts	Bemīts, glaukonīts, grafīts, halcedons, kaolinīts, psilomelāns, vivianīts	Haluazīts, montmorilonīts, nontronīts, šamozīts
Stikla	Aktinolīts, albīts, alunīts, anhidrīts, antofilīts, apatīts, aragonīts, augīts, azurīts, barīts, berils, biotīts, brusīts, celestīns, diaspors, diopsīds, dolomīts, eģirīns, epidots, eritrīns, flogopīts, fluorīts, gipsīts, granāti (grosulārs, andradīts, uvarovīts, pirops, almandīns, spesartīns), ģipsis, halcedons, halīts, jarožīts, kalcīts, kianīts, korunds, kristalobalīts, kvarcs, labradors, lazurīts, ledus, leicīts, magnezīts, malahīts, mikroklīns, mirabilīts, natrolīts, nefelīns, olivīni (forsterīts – fajalīts), opāls, ortoklāzs, pirohlors, ragmāņi, rodohrozīts, rodonīts, rombiskie piroksēni (enstatīts, bronzīts, hiperstēns), siderīts, silvīns, spodumens, staurolīts, stilbīts, špinelis, talks, topāzs, tremolīts, tridimīts, turmalīns, vivianīts, volastonīts	Analcīms, ankerīts, ašarīts, bišofīts, datolīts, epsomīts, heilandīts, hidroboracīts, ilīts, iņjoīts, karnalīts, lamprofillīts, monacīts, oligoklāzs, sanidīns, smitsonīts, sodalīts, stroncianīts, šamozīts, tenardīts, uleksīts
Dimanta	Auripigments, cinobrs, cirkons, dimants, gētijs, jarožīts (skaldnēm), kasiterīts, lepidokrokīts, rutilis, sērs (skaldnēm), sfalerīts	Cerusīts, krokoīts, povelīts, volframīts, vulfenīts
Pusmetālisks	Blāvā rūda, bornīts, flogopīts, gētijs, hematīts, ilmenīts, kovelīns, magnetīts, manganīts, piroluzīts, psilomelāns, rutilis	
Metālisks	Antimonīts, argentīts, arsenopirīts, bismutīns, dzelzs, galenīts, grafīts, halkopirīts, halkozīns, hromīts, kobaltīns, markazīts, molibdenīts, nikelīns, pentlandīts, pirīts, pirotīns, platīns, sudrabs, varš, zelts	

Irizācija

Bornīts, labradors	Opāls (opaliscence)
--------------------	---------------------

Krāsa

Singonija	Biežāk sastopami minerāli	Retāk sastopami vai makroskopiski nenosakāmi minerāli
Bezkrāsains, caurspīdīgs	Apatīts, dimants, fluorīts, grosulārs, halīts, kalcīts, kvarcs, ledus, leicīts, mirabilīts, muskovīts, natrolīts, nefelīns, ortoklāzs, topāzs, silvīns	Analcīms, datolīts, epsomīts, sanidīns, stroncianīts, tenardīts, tridimīts
Balta	Albīts, alunīts, anhidrīts, anortīts, aragonīts, barīts, brusīts, celestīns, diaspors, gipsīts, ģipsis, halīts, kalcīts kaolinīts, magnezīts, mikroklīns, natrolīts, opāls, stilbīts, talks, volastonīts	Analcīms, ašarīts, bišofīts, cerusīts, epsomīts, haluazīts, hidroboracīts, heilandīts, ilīts, inžoīts, karnalīts, oligoklāzs, smitsonīts, šēlīts, tridimīts, uleksīts
Balta metāliska	Arsenopirīts	Platīns, sudrabs
Balta matēta, pienbalta	Bemīts, dolomīts, kalcīts, leicīts	Ankerīts (pelēcīgs), haluazīts, kristalobalīts
Zils, zilgans	Anhidrīts, apatīts, azurīts, barīts, celestīns, fluorīts, glaukonīts, kianīts, korunds, lazurīts, špinelis, tirkīzs, vivianīts	Haluazīts, karnalīts, sodalīts
Zaļš, zaļgani toņi	Aktinolīts, antofilīts, apatīts, augīts, berils (smaragds), biotīts, brusīts, diopsīds, eģirīns, epidots, fluorīts, flogopīts, gipsīts, glaukonīts, grosulārs, halcedons (hrizoptāzs), malahīts, muskovīts, nefelīns, olivīni (forsterīts – fajalīts), ortoklāzs, ragmāņi, spodumens, špinelis, talks, turmalīns, vivianīts, uvarovīts, vermikulīts	Datolīts, montmorilonīts, nontronīts (brūngans), paragonīts, sodalīts, stroncianīts, šamozīts, uleksīts
Gaiši dzeltēna	Alunīts, aragonīts, auriģpigments, bemīts, berils, dolomīts, jaroziģts, kianīts, magnezģts, muskovģts, serpentģns (zaļģans), siderģts, topģzs	Cerusģts, datolģts, nontronģts (zaļģans), povelģts, stroncianģts, šēlģts

Singonija	Biezāk sastopami minerāli	Retāk sastopami vai makroskopiski nenosakāmi minerāli
Dzeltena	Andradīts, cirkons, diaspors, gēīts, grosulārs, halkopirīts, kvarcs (citrīns), markazīts, olivīni (forsterīts – fajalīts), pentlandīts, pirīts, pirohlori, pirotīns, rutils, sērs, spesartīns, špinelis, vermikulīts	Heilandīts, lamprofillīts, monacīts (brūngans), vulfenīts, zeīts
Oranža	Cirkons, halcedons (serdoliks), realgārs	Krokoīts, vulfenīts
Sarkana, sārtā	Almandīns, andradīts, barīts, berils (rubelīts), cinobrs, cirkons, eritrīns, flogopīts, gipsīts, ģipsis (loti gaiši sārts), hematīts, kasiterīts, korunds, mikrokilīns, nefelīns (pelēks), nikelīns, ortoklāzs, pirops, rodohrozīts, rodonīts, rutils, spesartīns, spodumens, staurolīts, stilbīts, špinelis, turmalīns, varš	Analcīms, haluazīts, heilandīts, karnalīts, lepidokrokīts
Violeta	Almandīns, apatīts, diaspors (gaišs), fluorīts, kvarcs (ametists), pirops	
Brūna	Andradīts, biotīts, cirkons, diaspors, flogopīts, gēīts, kasiterīts, pirohlori, rombiskie piroksēni (enstatīts, bronziīts, hiperstēns), rodohrozīts, rutils, siderīts (gaiši brūns), sfalerīts, spesartīns, staurolīts, vermikulīts	Volframīts (sarkanbrūns)
Pelēka matēta	Anortīts, barīts, cirkons, gipsīts, halcedons, magnezīts, opāls, rombiskie piroksēni (enstatīts, bronziīts, hiperstēns), tremolīts, volastonīts	Montmorilonīts, oligoklāzs, sanidīns, smitsonīts, sodalīts, tridimīts
Pelēka metāliska	Antimonīts, argentīts, bismutīns, halkozīns, kobaltīns, molibdenīts	Dzelzs
Tumši pelēka	Blāvā rūda, galenīts, labradors, nefelīns, rodohrozīts	Šamozīts
Melna	Almandīns, augīts, biotīts, egīrīns, epidots, gēīts, grafiti, hematīts, hromīts, ilmenīts, korunds, kovelīns (zilgans), kvarcs (morions), labradors, magnetīts, manganīts, piroluzīts, psiломelāns, ragmāņi, rutils, staurolīts, špinelis, turmalīns	Šamozīts, uleksīts, volframīts
Melna sudrabaina	Bornīts	

Svītras krāsa

Singonija	Biežāk sastopami minerāli	Retāk sastopami vai makroskopiski nenosakāmi minerāli
Melna	Argentīts, blāvā rūda, grafīts, halkopirīts (zaļgana), halkozīns, magnetīts, pirofīns	
Pelēka	Antimonīts, apatīts, arsenopirīts (līdz melnai), bismutīts, bornīts, dzelzs, galenīts, karnalīts, kobaltīns, kovelīns, magnezīts, markazīts (ar zaļganu), molibdenīts (ar zaļganu), nefelīns, rombiskie piroksēni (enstatīts, bronzīts, hiperstēns)	Ašarīts, bišofīts, cerusīts, hidroboracīts, monacīts, sanidīns, smitsonīts, uleksīts (tumša), vulfenīts
Balta vai bezkrāsaina	Albīts, aktinolīts, alunīts, anhidrīts, antofilīts, anortīts, aragonīts, augīts, barīts, bemīts, biotīts, brusīts, celestīns, diaspors, diopsīds, dolomīts, eritrīns, flogopīts, fluorīts, gipsīts, ģipsis, halcedons, halīts, jarožīts, kalcīts, kaolinīts, kianīts, kristalobalīts, kvarcs, labradors, lazurīts, ledus, leicīts, mikroklīns, mirabilīts, muskovīts, natrolīts, opāls, ortoklāzs, ragmāņi, rodohrozīts, rodonīts (viegli sārtā), serpentīns, sfalerīts (līdz brūnai), silvīns, spodumens, stilbīts, talks, tirkīzs, tremolīts, tridimīts, vermikulīts, volastonīts	Analcīms, ankerīts, datolīts, epsomīts, heilandīts, ilīts, inĵoīts, lamprofilīts, nontronīts, oligoklāzs, paragonīts, tenardīts, sodalīts, stroncianīts, šamozīts, šēlīts, vulfenīts, uleksīts
Gaiši zila	Azurīts	
Gaiši zaļa	Egirīns, glaukonīts, malahīts, ragmāņi	
Dzeltenīga un dzeltena	Auripigments, pentlandīts, sērs, siderīts	Povelīts
Oranža	Lepidokrokīts, realgārs	Krokoīts
Sarkana	Cinobrs un hematīts (koši sarkana), rodonīts	Haluazīts (sārtā)
Brūna	Gētijs (ar sarkanu nokrāsu), hromīts, kasiterīts (gaiša), manganīts, nikelīns, pirīts (zaļgana), rutils (gaiša), vivianīts (zilgana)	Volframīts (sarkanbrūna līdz gaiši dzeltenai)
Tumši brūna līdz melnai	Ilmenīts, piroluzīts, psilomelāns	
Metāliska	Varš	Platīns, sudrabs, zelts
Nav krāsas, vai nav svītras	Berils, cirkons, korunds, topāzs, turmalīns <i>Praktiski visiem minerāliem, kuru cietība augstāka par 6,5 vai zemāka par 1,5</i>	Dimants

Cietība pēc Mosa skalas

Singonija	Biežāk sastopami minerāli	Retāk sastopami vai makroskopiski nenosakāmi minerāli
0-1	Grafīts, molibdenīts, talks	Karnalīts
1-2	Auripigments, eritrīns, ģipsis, halīts, kaolīnīts, kovelīns, ledus, mirabilīts, realģārs, sērs, silvīns, vermikulīts	Bišofīts, inĵoīts, montmorilonīts, uleksīts
2-3	Antimonīts, argentīts, biotīts, bismutīns, brusīts, cinobrs, eritrīns, flogopīts, galenīts, gipsīts, glaukonīts, halkozīns, jarozīts, muskovīts, vivianīts	Epsomīts, hidroboracīts, ilīts, krokoīts, lamprofillīts, montmorilonīts, nontronīts, paragonīts, tenardīts, sudrabs, šamozīts, varš, zelts
3-4	Alunīts, anhidrīts, aragonīts, azurīts, barīts, bemīts, blāvā rūda, bornīts, celestīns, dolomīts, flogopīts, fluorīts, gipsīts, halkopirīts, jarozīts, kalcīts, lepidokrokīts, magnezīts, malahīts, manganīts, pirotīns, pentlandīts, rodohrozīts, sfalerīts, serpentīns, siderīts, stilbīts	Ankerīts, ašarīts, cerusīts, heilandīts, povelīts, stroncianīts, tenardīts, vulfenīts
4-5	Gētīts, kianīts, magnezīts, rodohrozīts, pirotīns, siderīts	Analcīms, dzelzs, plātīns, smitsonīts, šēlīts, uleksīts, volframīts
5-6	Aktinolīts, antofilīts, apatīts, arsenopirīts, augīts, diopsīds, egirīns, gētīts, hematīts, hromīts, ilmenīts, kianīts, kobaltīns, lazurīts, leicīts, magnetīts, markazīts, natrolīts, nefelīns, nikelīns, opāls, pirīts, pirohlors, rombiskie piroksēni (enstatīts, bronzīts, hiperstēns), piroluzīts, psilomelāns, ragmāņi, spodumens, tirkīzs, tremolīts, volastonīts	Datolīts, monacīts, sanidīns, sodalīts
6-7	Albīts, aktinolīts, andradīts, anortīts, antofilīts, diaspors, diopsīds, egirīns, epidots, grosulārs, hromīts, kasiterīts, kristalobalīts, labradors, mikroklīns, olivīni (forsterīts – fajalīts), opāls, ortoklāzs, ragmāņi, rodonīts, rutīls, spodumens, špinelis, tremolīts, tridimīts	Oligoklāzs
7-8	Almandīns, andradīts, berīls, cirkons, grosulārs, halcedons, hromīts, kvarcs, pirops, spesartīns, staurolīts, špinelis, turmalīns, uvarovīts	
8-9	Korunds, topāzs	
9-10		Dimants

Skaldnība

Singonija	Biežāk sastopami minerāli	Retāk sastopami vai makroskopiski nenosakāmi minerāli
Ļoti pilnīga	Auripigments, bioīts, flogopīts, molibdenīts, muskovīts, talks, vermikulīts	Heilandīts, montmorilonīts, paragonīts, šamozīts
Pilnīga vairākos virzienos	Aktinolīts, albīts, alunīts, anhidrīts, anortīts, antimonīts, antofilīts, arsenopirīts, azurīts, barīts, bemīts, bismutīns, brusīts, celestīns, cinobrs, diaspors, dolomīts, egirīns, epidots, eritrīns, fluorīts, galenīts, gipsīts, gētijs, ģipsis, halīts, jarozijs, kalcīts, kaolinīts, kianīts, kovelīns, labradors, lepidokrokīts, manganīts, magnezīts, mikroklīns, mirabilīts, ortoklāzs, pentlandīts, rombiskie piroksēni (enstatīts, bronzijs, hiperstēns), piroluzīts, ragmāņi, realgārs, rodohrozīts, rodonīts, rutilis, siderīts, sfalerīts, silvīns, spodumens, staurolīts, stilbīts, tirkīzs, topāzs, tremolīts, vivianīts, volastonīts (starains, zvīņveida)	Ankerīts, ašarīts, dimants, epsomīts, hidroboracīts, ilīts, inĵoīts, krokoīts, lamprofillīts, monacīts, oligoklāzs, sanidīns, smitsonīts, šēlīts, tenardīts, volframīts, vulfenīts
Pilnīga vienā virzienā	Grafijs	
Vidēja	Augīts, diopsīds, kobaltīns, malahīts, natrolīts, olivīni (forsterīts – fajalīts)	
Nepilnīga	Apatīts, argentīts, berils, halkopirīts, halkozīns, kasiterīts, lazurīts, markazīts, nikelīns, pirīts, pirotīns, sērs	Cerusīts, tridimīts
Nav, nav izteikta	Aragonīts, blāvā rūda, bornīts, cirkons, glaukonīts, halcedons, hematīts, hromīts, ilmenīts, kristalobalīts, kvarcs, ledus, leicīts, magnetīts, nefelīns, opāls, pirohloris, psilomelāns, serpentīns, turmalīns	Analcīms, bišofīts, datolīts, dzelzs, karnalīts, nontronīts, platīns, povelīts, sodalīts, stroncianīts, sudrabs, uleksijs, varš, zelts

Bļivums

Bļivums, g/cm ³	Biezāk sastopami minerāli	Retāk sastopami minerāli
0-1	Ledus	
1-2	Mirabilīts, silvīns	Bišofīts, epsomīts, iņjoīts, karnalīts, nontro- nīts, uleksīts
2-3	Anhidrīts, antofilīts, albīts, alunīts, anor- tīts, aragonīts, berils, brusīts, dolomīts, eritrīns, gipsīts, glaukonīts, grafīts, ģipsis, halcedons, halīts, flogopīts, kalcīts, kaoli- nīts, kvarcs, labradors, lazurīts, leicīts, magnezīts, mikroklīns, muskovīts, natro- līts, nefelīns, opāls, ortoklāzs, serpentīns, sērs, stilbīts, talks, tirkīzs, tremolīts, vermikulīts, vivianīts, volastonīts	Analcīms, ašarīts, hei- landīts, hidroboracīts, ilīts, kristalobalīts, mont- morilonīts, oligoklāzs, paragonīts, sanidīns, sodalīts, tenardīts, tridimīts
3-4	Aktinolīts, andradīts, apatīts, augīts, auripigments, azurīts, bemīts, biotīts, diaspors, diopsīds, eģirīns, epidots, fluo- rīts, grosulārs, jarožīts, kianīts, korunds, lepidokrokīts, malahīts, olivīni (forste- rīts – fajalīts), pirops, rombiskie piroksēni (enstatīts, bronzīts, hiperstēns), psilo- melāns, ragmāņi, realgārs, rodohrozīts, rodonīts, sfalerīts, siderīts, spodumens, špinelis, topāzs, turmalīns, uvarovīts, volastonīts	Datolīts, dimants, lam- profillīts, stroncianīts, šamozīts, uleksīts
4-5	Almandīns, antimonīts, barīts, blāvā rūda, bornīts, celestīns, cirkons, gēīts, halkopi- rīts, hromīts, ilmenīts, kovelīns, magne- tīts, manganīts, markazīts, molibdenīts, pentlandīts, pirīts, piroluzīts, pirotīns, psilomelāns, rutilis, spesartīns	Pirohlors, povelīts, smitsonīts,
5-6	Arsenopirīts, blāvā rūda, halkozīns, hematīts, magnetīts	Monacīts, šēlīts
6-7	Bismutīns, kasiterīts, kobaltīns	Cerusīts, krokoīts, šē- līts, volframīts, vulfenīts
7-8	Argentīts, cinobrs, galenīts, dzelzs, nikelīns	Volframīts
8-10	Varš	
10-15		Sudrabs
15-20		Platīns, zelts

Lauzums

Lauzuma veidi	Minerāli, kam raksturīgs laužums
Nelīdzens	Hematīts, korunds, povelīts
Atskabargains	Dzelzs
Kāšveida	Varš
Gliemežnīcas	Datolīts, kvarcs, pirīts

Citas īpašības

Magnētiskās īpašības

Stipri izteiktas	Vāji izteiktas
Dzelzs, hromīts (ja daudz dzelzs piemaisījumu), magnetīts, pirotīns	Ilmenīts

Šķīdība

Šķīst ūdenī	Šķīst skābēs
Ledus, halīts, mirabilīts	Visi karbonāti, sulfāti, arī halkozīns un daudzi citi

Luminiscences īpašības

Plašā viļņu spektrā	Ultravioletajos un rentgenstaros
Dimants, povelīts	Sfalerīts, fluorīts

Smarža

Raksturīga smarža	Specifiska smarža sitiena gadījumā
Sērs, halīts (vāja)	Arsenopirīts – ķiploku smarža

Radioaktivitāte

Viegli radioaktīvi minerāli	Stipri radioaktīvi minerāli
Monacīts, pirohlors	Urāna vizliņas (torbernīts, otenīts, karnotīts)

Raksturīga garša

Bezgaršīgs	Sāja	Sāja	Izteikti rūgta
Ledus	Halīts	Alunīts, karnalīts	Mirabilīts



Varš (Minas Gerais atradne, Brazīlija)



Pirīts (Spānija)



Kvares (Meksika)



Ahāts (Mongolija)



Fluorīts (Spānija)



Ģipsis (Rumānija)



Lazurīts (Kroskatas krauja, Jukona, Kanāda)



Berils (akvamarīns) (Indija)

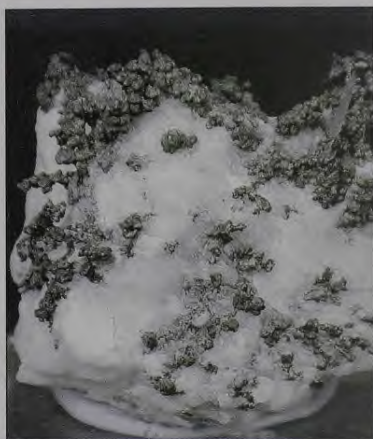


Berils (smaragds)
(Dienvidamerika)

Ls. 4.57



Azurīts (Maroka)



Sudrabs (Norvēģija)



Korunds (Krievija)

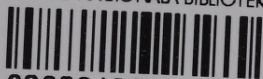


Dzīvsudrabs (Čīle)



Kalcīts (Krievija)

LATVIJAS NACIONĀLA BIBLIOTEKA



0308019057

2008-4
L 32



Valdis Segliņš,

Dr. ģeol., Latvijas Universitātes
asociētais profesors

Pasaule ir pārsteigumu pilna, un tik daudz nezināmo vēl gaida savus atklājējus. Tikai vajag zināt, kur rakt! Tāpēc "Izdevniecība RaKa" piedāvā visiem interesentiem izdevuma "Minerāli un ieži" pirmo daļu – **Minerāli**.

Grāmata ir paredzēta dabaszinību un ģeogrāfijas skolotājiem kā palīg līdzeklis darbam galvenokārt vidusskolā. Arī skolēniem tas var būt interesants izziņas avots un instruments patstāvīgiem pētījumiem un projektiem. Tā var noderēt pirmo kursu studentiem, kas vēlas iegūt pamata zināšanas par minerāliem. Grāmata veidota kā norādījumi interesentiem – kā ar vienkāršām metodēm makroskopiski noteikt pasaulē biežāk sastopamos minerālus. Tā ir iecerēta minerālu noteikšanai laukā praktiskajos darbos, ekskursijās, praksēs, vai vienkārši apmierinot savu zinātkāri, neizmantojot lauka pētījumiem nepiemērotas mikroskopiskās, ķīmiskās un citas analīzes. Izdevumā iekļautas minerālu pamata īpašību tabulas. Grāmatai pievienots kompaktdisks ar gandrīz 1000 raksturīgiem minerālu attēliem.

ISBN 978-9984-15-892-1



9 789984 158921