

Valdis Segliņš

Minerāli un ieži



2. daļa leži

24429

2008-4
32

L
54

ALUMINIA ZAVALA
ANOTACIJE

Valdis Segliņš

Minerāli un ieži

2. daļa

ieži

RaKa

LATVIJAS NACIONĀLĀ
BIBLIOTĒKA

0308019059

Recenzenti: prof., Dr. ģeol. Vitālijs Zelčs
 Dr. ģeol. Arnis Brangulis

Redaktors Oskars Lapsiņš
Dizains un
datorgrafika Baiba Lazdiņa

ISBN 978-9984-15-893-8

© V. Segliņš

© 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
Iespiests SIA "Izdevniecība RaKa" tipogrāfijā

Saturs

Priekšvārds	5
Ievads	6
1. Iežu galvenās grupas un aplūkojamās pazīmes.....	10
2. Iežu dažādība un klasifikācija.....	12
3. Magmatiskie ieži.....	17
3.1. Magma un magmatisko iežu veidošanās.....	17
3.2. Magmatisko iežu sastāvs.....	22
3.3. Magmatisko iežu uzbūve	25
3.3.1. Magmatisko iežu veidotās formas	26
3.3.2. Magmatisko iežu struktūra un tekstūra	29
3.4. Magmatisko iežu klasifikācija	31
3.4.1. Ģenētiskā klasifikācija	31
3.4.2. Struktūru klasifikācija	32
3.4.3. Klasifikācija pēc ķīmiskā sastāva.....	32
3.4.4. Klasifikācija pēc iežu krāsas	35
3.4.5. Mineralogiskā jeb A. Streckeisena klasifikācija	36
3.4.6. Magmatisko iežu makroskopiska klasifikācija	39
3.5. Svarīgāko magmatisko iežu raksturojums	40
3.5.1. Peridotītu grupa	40
3.5.2. Gabro – bazaltu grupa	41
3.5.3. Diorītu – andezītu grupa	42
3.5.4. Sienītu – trahītu grupa	43
3.5.5. Granītu – riolītu grupa.....	44
3.5.6. Nefelīnsienītu – fonolītu grupa	45
3.6. Magmatisko iežu makroskopiska noteikšana.....	46
3.6.1. Darba gaita	46
3.6.2. Vienkāršota analīzes shēma	50
4. Nogulumieži.....	52
4.1. Nogulumiežu veidošanās	52
4.2. Nogulumiežu klasifikācija	55
4.2.1. Nogulumiežu klasifikācija pēc ģenēzes	56
4.2.2. Nogulumiežu klasifikācija pēc sastāva.....	57
4.3. Nogulumiežu sastāvs.....	58

4.4. Nogulumiežu uzbūve	60
4.5. Izplatītāko nogulumiežu raksturojums	65
4.5.1. Drupu ieži.....	65
4.5.2. Ķīmiskās un bioķīmiskās izcelsmes ieži	73
4.5.3. Kaustobiolīti	84
4.5.4. Piroklastiskie ieži.....	87
4.6. Nogulumiežu noteikšana	89
4.6.1. Darba gaita	89
4.6.2. Vienkāršota nogulumiežu noteikšanas shēma	90
4.6.3. Ieteikumi praktiskām nodarbībām	94
5. Metamorfie ieži.....	97
5.1. Galvenie metamorfisma faktori.....	98
5.2. Metamorfisma tipi.....	101
5.3. Metamorfo iežu sastāvs	104
5.4. Metamorfo iežu uzbūve	107
5.5. Metamorfo iežu klasifikācija	110
5.6. Izplatītāko metamorfo iežu raksturojums	111
5.6.1. Kataklastiskā metamorfisma ieži	111
5.6.2. Metasomatiskā metamorfisma ieži.....	112
5.6.3. Kontaktermālā metamorfisma ieži	113
5.6.4. Reģionāli metamorfizēti ieži	114
5.7. Metamorfo iežu noteikšana	119
5.7.1. Darba gaita	119
5.7.2. Vienkāršota metamorfo iežu noteikšanas shēma ...	120
Pēcvārds.....	123
Literatūra	124

Priekšvārds

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

Izdevums nav paredzēts izmantošanai speciālos ģeoloģijas studijuursos – petrogrāfijā, petroloģijā, mineraloģijā un kristalogrāfijā, jo tajos sniegtās zināšanas ir daudz dziļākas un pamatīgākas. Tātad visi tie, kurus interesē ieži un to dažādība, mūsdienīgas pētījumu metodes un jauni atklājumi, ir aicināti turpināt pētījumus un studijas par iežiem augstskolās.

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

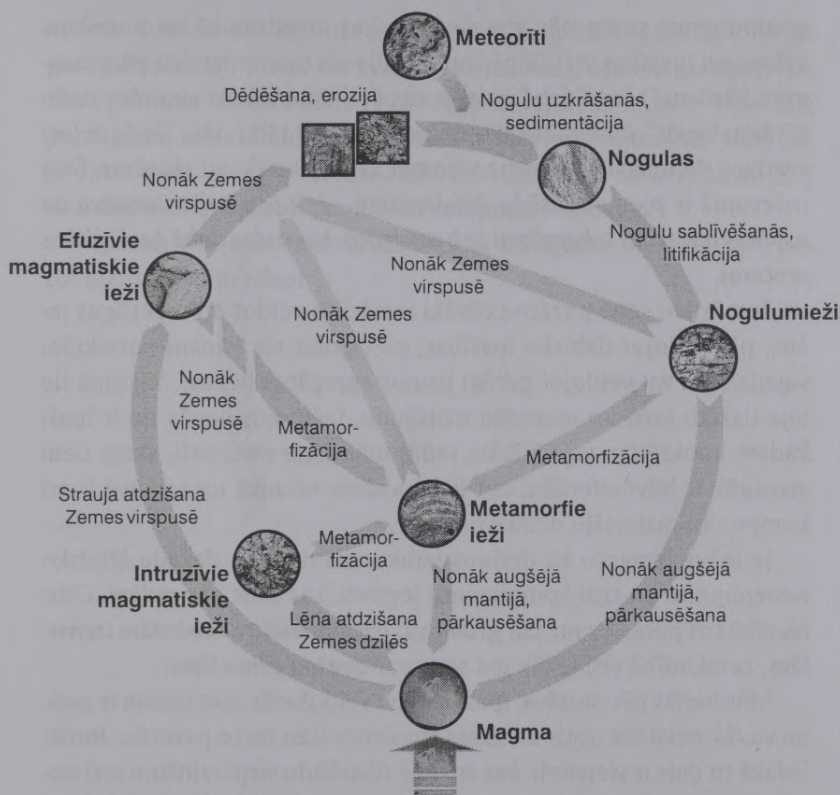
Izdevumam ir pievienots informatīvais pielikums – kompaktdisks ar raksturīgiem plašāk izplatīto iežu attēliem, tomēr attēlus drīkst izmantot tikai mācību vajadzībām.

Ievads

Zemes ģeoloģiskās attīstības vēsturi un uzbūvi ir ieteicams zināt vairāku iemeslu dēļ. Blakus dažādām saimnieciskām vajadzībām, tostarp prognozēm, šādas zināšanas ir svarīgas, lai izprastu Zemes un tās dabas apstākļu attīstības vēsturi, evolūciju. Zemes vēstures dažādajos laikmetos izveidojas ieži ar tiem raksturīgu sagulumu un tajā laikā dzīvojušo organismu ieslēgumiem. Nemainīgos apstākļos, kad nogulumu veidošanos netraucē intensīvas Zemes garozas kustības, vecākus, senāk radušos nogulumus secīgi pārklāj aizvien jaunāki nogulumi. Tā veidojas dažāda vecuma slāņu ģeoloģiskais griezumš, kas kopumā sniedz pilnīgu ainu par Zemes attīstības vēsturi. Ģeoloģiskais griezumš ir dabas vēstures grāmata un pašas senākās Zemes vēstures grāmata, bet to ir vēl jāiemācās lasīt.

Zemes ģeoloģiskās attīstības gaitā ir bijuši mainīgi apstākļi, tādus mēs vērojam arī mūsdienās – notiek vulkānu izvirdumi, zemestrīces, mainās jūru un okeānu līmeņi, kas būtiski ietekmē arī nogulumu veidošanos. Šādas ietekmes vērojamas kā nogulumu iztrūkums par noteiktu laiku (piemēram, upes pali noskalo vasarā izgulsnētās sēres), neraksturīgu nogulumu atradumi – vulkāniskie pelni ezera dūņu vietā vai pat lavas slāņi, vai to dēdēšanas produktu uzkrāšanās jūras piekrastē, nomainot gaišās smiltis ar melnām.

Dabas apstākļu daudzveidība nosaka arī nogulumu daudzveidību, to uzkrāšanās nepārtrauktību un daudzās izmaiņas, kas ar tiem notiek, nogulumiem kļūstot par iezi. Pārvērtības ar to nebeidzas, un, lai cik ciets un stabils šķistu akmens iezis, arī tas laika gaitā pārvēršas un mainās. Visvieglāk dabā ir novērojama ieža dēdēšana jeb īpašību maiņa, līdz tas sabrūk atsevišķās sastāvdaļās – minerālu graudos un to agregātos, bet daļa – vienkārši izšķīst. Tādas pārmaiņas nav haotiskas, un nav jau gluži tā, ka ar jebkuru iezi var notikt visnēiedomājamākās pārvērtības. Tās notiek pēc noteiktām likumsakarībām, kuras apraksta dabā notiekošo pārmaiņu cikli. Līdzīgi, kā dabā notiek ūdens aprīte (ūdens cikls), ir zināmi arī oglekļa, slāpekļa un vairāki citi cikli, un viens no tiem ir iežu cikls (sk. 1. attēlu).



1. attēls. Iežu cikls dabā

Arī ieži ir pastāvīgā kustībā, pārmaiņās un pārvērtībās. Tikai nav nekāda pamata cerēt, ka vakarā uz plauktiņa noliktā kaļķakmens gabala vietā no rīta tur atradīsiet marmoru vai – pretēji – tikai kaļķa pulverīti. Patiesībā iežu cikls ir ļoti lēns – tā laika skalas mērvienības ir tūkstoši un simtiem tūkstošu gadu. Tomēr var būt arī tādi apstākļi, kuros iežu pārvērtības var notikt dažu stundu vai dienas (piemēram, vulkāniskās lavas atdzišana un cieta ieža veidošanās) laikā. Lai izprastu iežu ciklu un tā norisi, vispirms ir nepieciešams pazīt pašus iežus. Tieši tam ir veltīts šis izdevums.

Vārds “ieži” latviski, kā arī vairākumā Ziemeļeiropas valodu nozīmē gan klintis, gan noteikta sastāva minerālu sakopojumus. Tam ir noteikta vēsturiska cilme, jo sākotnēji dažādos minerālu

sakopojumus sauca pēc vietvārdiem, kur atsedzas kādas noteiktas krāsas vai īpašības ieži. Tāpēc arī mūsdienās tas var izraisīt pārpratumus. Vārdam “klints” jeb “iezis” ir vispārzināmi vairāki sinonīmi, taču vārdam “iezis” minerālu sakopojumu nozīmē tādu nav. Tāpēc ir ļoti svarīgas definīcijas, kuras ne vienmēr arī ir pietiekami skaidras. Šajā izdevumā ir pieņemts šāds skaidrojums – *ieži ir noteikta sastāva un uzbūves minerālu sakopojumi (jeb agregāti), kas rodas dabā ģeoloģiskos procesos.*

Tomēr jau senā pagātnē cilvēki iemācījās veidot arī mākslīgus iežus, pārveidojot dabisko īpašības, pielāgojot tās kādām noteiktām vajadzībām vai veidojot pilnīgi jaunus agregātus (iežus). Sākumā tie bija dažādi iežu un minerālu maisījumi, taču mūsdienās tie ir īpaši kādām konkrētām vajadzībām radīti mākslīgie materiāli, starp tiem visvairāk ir būvmateriālu, bet liela nozīme tehnikā un sadzīvē ir arī kompozītu materiālu daudzveidībai.

Ja iežus izmanto kā derīgos izrakteņus metālu, dažādu ķīmisko savienojumu un citu komponentu ieguvei, tos sauc par *rūdām*. Celtniecībā tos parasti sauc par *grunti* vai *būvmateriālu dabiskajām izejvielām*, zemkopībā visbiežāk tos sauc par *augšņu cilmiežiem*.

Mūsdienās pēc sastāva, īpašībām un veidošanās apstākļiem ir zināmi vairāk nekā tūkstotis dabiskas izcelsmes iežu un to paveidu. Tomēr lielākā to daļa ir vietvārdi, kas apzīmē tikai kādu vispārzināmu iezi noteiktā vietā (raktuves, kalnu masīvs) vai iezi ar kādām raksturīgām īpašībām (krāsu, joslojumu, apstrādes īpatnībām un tamlīdzīgi). Ļoti bieži ieža nosaukums satur sevī kādu raksturīgu tā sastāva pazīmi (minerāli, graudu izvietojums u. c.), kas nosaukumu pagarina ar aprakstošo daļu. Savukārt vispārpieņemto un tradicionālās klasifikācijās izmantoto iežu nosaukumu ir tikai nedaudz vairāk kā divi simti.

Raksturīgi, ka tieši izvērsts un aprakstošs iežu nosaukums visbiežāk norāda, ka nosaukums nav precīzi zināms, citiem vārdiem sakot – paraugs nav pareizi noteikts. Iežu noteikšana ne vienmēr ir viennozīmīga, precīzi to ir iespējams izdarīt tikai laboratorijas apstākļos, veicot īpašus pētījumus. Tomēr vienkāršota sastāva, īpašību un piederības pie noteiktas iežu grupas noteikšana vai pat nosaukšana pareizajā vārdā ir iespējama arī ar vienkāršotiem līdzekļiem makroskopiski.

Šādam pētījumam ir nepieciešamas minerālu noteikšanas priekšzināšanas, daži vienkārši palīgīdzekļi un pats pētāmais paraugs, no

kura ar labu āmuru būs nepieciešams nošķelt kādu gabaliņu, lai iegūtu pētījumiem pieejamu svaigu virsmu. Makroskopiskās diagnostikas pētījumi ir veicami ne tikai telpās ar iepriekš ievāktu kolekciju paraugiem, bet arī lauka apstākļos, kur šādi novērojumi var tikai papildināt lauku studiju kursus, praktisko nodarbību saturu, kā arī ļauj dažādot ekskursijas un papildināt ceļojumu iespaidus.

Veiksmi visiem dabas vērotājiem un atklājumu meklētājiem, pētot iežus un minerālus!

Iežu galvenās grupas un aplūkojamās pazīmes

Nav zināms, kad cilvēki ir iemācījušies atšķirt dažādām vajadzībām piemērotus iežus, kā arī nav zināms, kādas bija to senākās atšķiršanas pazīmes. Tomēr ir labi zināms, ka dažādu īpašību mālu, smilšu un citu vienkāršo būvmateriālu izmantošanu cilvēki ir apguvuši vismaz pirms 12–13 tūkstošiem gadu. Savukārt masīvu iežu izmantošana sākusies vēlāk, jo to pielāgošanai saimnieciskajām vajadzībām ir nepieciešamas ne tikai noteiktas novērošanas spējas un iemaņas, bet arī instrumenti. Senie ēģiptieši jau piramīdu būvēšanas laikā ir pazinūši vismaz 20–25 dažādus iežus un 60–65 to paveidus, kā arī ir apguvuši prasmes tos meklēt un novērtēt (šajā laikā dažādām būvniecības vajadzībām ir tikuši izmantoti jau vairāk nekā 160 karjeru). Pēc vairākiem tūkstošiem gadu Senajā Grieķijā un Romā būvniecībā un tēlniecībā izmantojamo dažu svarīgu iežu paveidu (piemēram, dažādu nokrāsu marmoru un granītu) kopējais skaits jau sniedzas simtos. Kopš tiem laikiem zinātnes, kas pēta iežus, savus nosaukumus veido, par pamatu ņemot ieža jeb akmens apzīmēšanai izmantotos vārdus no sengrieķu (λίθος – lithos – akmens) vai grieķu un arābu valodas – (πέτρα – pétra – iezis). Nākamajā gadu tūkstošā šīs zināšanas būtiski tika zaudētas un atkal papildinājās tikai 15.–16. gadsimtā, bet visstraujāk attīstījās kopš 18. gadsimta otrās puses, kas tiek uzskatīts par sākuma posmu mūsdienīgai zinātnei par iežiem. Diemžēl pašreizējās zināšanas par iežiem Senās Ķīnas un Centrālamerikas tautu kultūrās līdz šim nav pietiekami apzinātas, tomēr būvniecības panākumi droši apstiprina, ka tās ir bijušas salīdzinoši augstas.

Starp pirmajiem mūsdienīgu iežu pētījumu autoriem un pētījumu metožu izstrādātājiem noteikti jāpiemin F. Čirleks, H. Rozenbušs, kā arī A. Karpinskis, I. Mušketovs, J. Fjodorovs, N. Bouens, G. Andersons, C. Fenners un daudzi citi. Pateicoties viņu paveiktajam, jau

pagājušā gadsimta pirmajā pusē bija izstrādātas ne tikai iežu diagnostikas metodes un paņēmieni, bet arī klasifikācijas un labi zināmi iežu veidošanās apstākļi.

Mūsdienās iežus pēta vairākas vēsturiski jau sen atsevišķi nodalītas zinātnes – petrogrāfija, petroloģija, petroķīmija un vairākas citas, bet iežu noderīgās īpašības, iežus uz citām planētām, kā arī cilvēkam tiešiem pētījumiem vēl nepieejamos Zemes dziļumos – vēl vairākas citas zinātnes. Tomēr tieši petrogrāfija un petroloģija veic iežu pētījumus, kas ir noderīgi, lai tos vienkāršoti pareizi noteiktu. **Petrogrāfija** savos pirmsākumos vēlajos viduslaikos galvenokārt aprakstīja iežus un grupēja tos pēc to noderīgām īpašībām. Mūsdienās petrogrāfija veic iežu aprakstīšanu, sistemātisku klasifikāciju, balstoties uz iežu plānslīpējumu mikroskopiskiem pētījumiem. Mikroskopa izgudrošana, tehniskas iespējas izgatavot ļoti plānas iežu plāksnītes (plānslīpējumus), iegūt polarizētu gaismu mikroskopiskajiem pētījumiem (1870. gads) un vēl citi atklājumi petrogrāfiju pārvērtā par saistošu un mūsdienīgu zinātni. **Petroloģija** savos pirmsākumos 19. gadsimta vidū sniedza skaidrojumu par iežu iespējamo izcelsmi un izmaiņām. Mūsdienās tā pēta iežu izcelsmi, sastopamību un telpisko izvietojumu, iežu tekstūras un to vēsturi, tā ir aptverošāka zinātne, jo apskata arī iežu veidošanās procesus. Atsevišķa petroloģijas zinātnes apakšnozare ir **petroģenēze**, kas pēta iežu izcelsmi un veidošanos. Tā balstās uz minerālu pētījumu datiem, ķīmiskajām analīzēm un lauka novērojumiem, kas ļauj daudz detalizētāk izzināt un prognozēt iežu sastāva izmaiņas pētāmajā teritorijā un novērtēt to veidošanās apstākļus. Daudzējādā ziņā šī zinātne ir ļoti tuva fizikālajai ķīmijai, bet pēta minerālus ar kristāloptiskām un daudzām citām ļoti komplicētām metodēm.

Mūsdienās, makroskopiski nosakot iežus un to veidojošo minerālu sastāvu, graudu lielumu, iežu tekstūru un krāsu, tas ir, nosakot iežu fizikālās īpašības, tos sauc par litoloģiskiem pētījumiem (*Schlumberger Oilfield Dictionary, Websters Dictionary*). Tāpēc arī turpmāk šajā darbā izmantots tāds skaidrojums.

2

Iežu dažādība un klasifikācija

Jau pašā sākumā jāuzsver, ka pasaulē nav kādas vienas noteiktas visu jau zināmo un iespējamo iežu klasifikācijas. Tās ir dažādas – no sadzīvē izplatītām (akmens no tās vai citas vietas, noteiktas krāsas vai izskata ieži un tamlīdzīgi) līdz ļoti sarežģītām un komplicētām, kuras mūsdienās tiek pamatotas ar zināšanām par iežu veidošanās vides fizikāli ķīmiskajiem apstākļiem. Apskatīsim visizplatītākās – pēc iežu veidojošo minerālu dominantēm un veidošanās apstākļiem.

Pēc minerālu dažādības

Izšķir *monominerālos* iežus, kas veidoti no kāda viena galvenā (iežu veidojoša jeb petrogēnā, kardinālā) minerāla, un *poliminerālos* iežus, kuru sastāvā ietilpst divi vai vairāki šiem iežiem raksturīgi galvenie minerāli. Raksturīgs monominerāls iezis ir, piemēram, marmors vai kaļķakmens – minerāla kalcīta veidots iezis, bet par vienu no pazīstamākajiem poliminerālajiem iežiem visbiežāk sauc granītu, kura sastāvā vienmēr ir vismaz trīs galvenie minerāli – ortoklāzs vai mikrokļns, plagioklāzs un kvarcs.

Monominerālam iezim nosaukumu veido kā atvasinājumu no minerāla, piemēram, minerāls kaolinīts – iezis kaolīns, minerāls silvīns – iezis silvinīts, minerāls olivīns – iezis olivinīts un tamlīdzīgi.

Poliminerālos iežos gandrīz nekad minerāli nav līdzīgā daudzumā, vienmēr dominē viens vai vairāki minerāli. Tāpēc izšķir galvenos minerālus, kā arī pakārtotos un aksesorios minerālus. *Galvenie* minerāli ir dominējoši, pēc tiem nosaka iezi un dod tam nosaukumu. *Pakārtoto* minerālu daudzums parasti nesasniedz 1–5%, un to klātbūtne netiek atspoguļota ieža nosaukumā. Iežos nelielā daudzumā (līdz 1%) gandrīz vienmēr sastopami arī piemaisījumi. Tie ir *aksesorie* minerāli, kas var veidoties kopā ar petrogēnajiem, bet kuru klātbūtne iežos

nav obligāta. Ļoti bieži var būt arī sekundāri minerāli, kas rodas jau pēc iežu izveidošanās, ķīmiski pārveidojoties kardinālajiem un akcesorajiem vai arī izgulsnējoties iežu porās un plaisās minerāliem no šķīdumiem, tvaikiem vai gāzēm.

Pēc iežu veidošanās apstākļiem

Iežu klasifikācijas pamatā ir to iedalījums trīs lielās pamata grupās pēc iežu veidošanās īpatnībām un apstākļiem. Izšķir magmatiskos iežus, kas radušies tieši no magmas (piemēram, bazalts un gandrīz vienmēr arī granīts), nogulumiežus, kas rodas, uzkrājoties senāk izveidojušos iežu noārdīšanās produktiem (kaļķakmens, smiltis), un metamorfos iežus, kas veidojas no citiem iežiem (arī citiem metamorfiem iežiem) spiediena, temperatūras un ķīmiski aktīvu savienojumu iedarbībā (marmors, slānekļi).

Zemes garozas uzbūvē vislielākā nozīme ir magmatiskajiem iežiem, kas aizņem aptuveni 95% no tās kopējā tilpuma, tomēr virspusē tie redzami ne vairāk kā ceturtajā daļā no visas Zemes. Senāk uzskatīja, ka tieši magmatiskie ieži ir visa pirmsākums, tāpēc tos sauca par primārajiem iežiem, bet nogulumiežus – par sekundārajiem. Savukārt metamorfos iežus uzskatīja par pārejas produktiem, tas ir, iežiem, kuru pārvērtības joprojām turpinās ģeoloģiskā laika izpratnē. Patiesībā tas nav gluži tā, jo pārvērtības notiek ar visiem minerāliem, kas veido iežus, un strīds par primārajiem un sekundārajiem iežiem ir tikpat neatrisināms kā mēģinājumi noteikt, kas bija pirmā – vista vai ola.

Noteikt iežu piederību pie kādas grupas ne vienmēr ir vienkārši pat pieredzējušam petrogrāfam lauku apstākļos, tomēr ir svarīgi kaut aptuveni orientēties iežu daudzveidībā un censties sašaurināt pētījumu loku. Tāpēc tabula var nedaudz atvieglot meklējumus tiem, kam iepriekšējā pieredze nav ļoti liela (sk. 1. tabulu).

1. tabula. Vienkāršota shēma iežu piederības noteikšanai pie galvenajām grupām

Slāņojums un graudu lielums	Papildu pazīmes		Iespējamā piederība pie kādas iežu pamata grupas
Iezis ir slāņots	Slānīši ir vienmērīgi, virsmas līdzenas		Nogulumiezis
	Slānīšus veido aleirīti, māli, smilts vai grants		Nogulumiezis
	Slānīšus veido kristāliņi, kuru lielums ir aptuveni vienāds ar slānīti		Metamorfs
	Dažādus slānīšus veido dažādu lielumu atšķirīgi minerālu kristāliņi		Nogulumiezis
	Slānīši ir laužti, deformēti, krokoti		Metamorfs
Iezī nav redzami atsevišķi graudiņi	Izskatās pēc svaigām nogulsnēm vai māliem		Nogulumiezis
	Stiklains izskats	Bļivs un ciets, līdzīgs loga stiklam	Magmatisks
		Caurspīdīgs, gaišs, viegls, ļoti melns un spīd kā akmeņogļu antracīts	Metamorfs
	Ļoti mīksts, viegli skrāpējams		Nogulumiezis
	Ļoti ciets, bļivs		Magmatisks

Iezī ir atšķirami atsevišķi graudi	Satur fosilijas	Veseli lapu, gliemežvāku, kaulu u. c. nospiedumi	Nogulumiezis
		Fosilijas ir sadrumstalotas, deformētas, tās neatrodas raksturīgos slāņos, nav atpazīstamas	Metamorfs
	Graudiņi ir smiltis, grants vai aleirīti (klastiska struktūra)		Nogulumieži
	Graudiņi ir noapaļoti, gludi kā grants graudi (klastiska struktūra)		Nogulumieži
	Graudiņus veido citu iežu fragmenti (klastiska struktūra)		Nogulumieži
	Graudus veido atsevišķu minerālu kristāliņi (kristāliska struktūra)	Kristāli ir dažādi orientēti ļoti cietā iezī	Magmatisks
		Atsevišķi lieli kristāli izvietoti citā viendabīgā pamatmasā, kurā var atšķirt atsevišķus kristāliņus, bet citur – nevar atšķirt	Magmatisks
		Kristālus var viegli skrāpēt vai salauzt	Nogulumiezis
		Kristāli ir plakani (kā vizlas) vai slāņaini un atrodas paralēli cits citam	Metamorfs
		Gari kristāli ir slāņaini, plāksņaini un paralēli cits citam izvietoti	Metamorfs
		Kristāli ir kalcīts (viegli reaģē ar sālsskābi) – graudi ir aptuveni vienāda lieluma	Metamorfs
		Kristāli ir kalcīts (viegli reaģē ar sālsskābi) – graudi ir dažādu lielumu un var veidot arī atsevišķus slānišus	Nogulumiezis
		Kristāli galvenokārt ir halīts vai gipsis	Nogulumiezis
		Kristāli galvenokārt ir olivīns, laukšpati vai piroksēni	Magmatisks
		Kristāli galvenokārt ir granāti, vizlas vai arī serpentīns, grafīts, galenīts vai sfalerīts	Metamorfs

3.1. Magma un magmatisko iežu veidošanās

Magmatiskie ieži veidojas, atdziestot un sacietējot magmai – ugunīgi šķidrai vai plastiskai masai, kas veidojas Zemes garozā vai augšējās mantijas daļās. Magmatiskie ieži ir minerālu graudu agregāti (intruzīvie ieži) vai arī mainīga daudzuma minerālu graudiņu (mikrolītu) un vulkāniskā stikla un pelnu sakopojums (efuzīvie ieži). Ar retiem izņēmumiem šie ieži sastāv no kristāliskiem minerālu graudiem, un amorfu iežu veidošanās zināma tikai retos gadījumos, kad magma sacietē tik strauji, ka kristālu veidošanās procesi ir tikuši pārtraukti.

Magmas veidošanās cēloņi nav pilnīgi noskaidroti. Uzskata, ka iežu pārvēršanās magmā saistīta ar pastiprinātu siltuma izdalīšanos un temperatūras celšanos vielās, kurās tie satur palielinātā daudzumā radioaktīvos elementus. Ja, piemēram, rodas dziļi Zemes garozas lūzumi, Zemes iekšienē krasi samazinās spiediens. Šādos apstākļos ieži augstās temperatūras dēļ cietā stāvoklī vairs nevar saglabāties, tie sašķidrinas un pārvēršas magmā. Ir zināmi arī citi skaidrojumi. Tomēr nemainīga ir magmatisko iežu saikne ar Zemes dziļumā notiekošajiem procesiem, magmu kā sākotnējo izejmateriālu visiem šiem iežiem, kā arī fizikāli ķīmisko likumsakarību noteicošo lomu iežu sastāva veidošanā.

Magma ir Zemes dzīlēs dabiski veidojies šķidrums (mobils iežu materiāls), kas Zemes garozā var veidot intruzīvas formas vai var sasniegt Zemes virsu un šeit veidot atšķirīga sastāva minerālus un iežus. Magma var saturēt cietas vielas (kristālus, ksenolītus un iežu fragmentus), kā arī šķidrā magmā izšķīdušas gāzes.

Magmas šķidrā fāze satur izšķīdušus metāla jonus (Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mg^{2+} , Na^{+} un citus), kā arī mainīga sastāva matricu (jeb pamatvielu),

kurā dominē Si, Al un O atomi. Šķidrās fāzes īpašības visvairāk ir atkarīgas no magmas ķīmiskā sastāva un tā izmaiņām, spiediena un temperatūras.

Gāzes fāze nav pasīva magmas komponente un piedalās tās sastāva izmaiņās. Šajā fāzē visvairāk ir H_2O , CO_2 , H_2S , CH_4 un NH_3 . Gāzu sastāvs un īpašības ir atkarīgs no magmas ķīmiskā sastāva, spiediena un temperatūras. Samazinoties spiedienam, gāzes sāk izdalīties no magmas, veidojot pūslīšus un burbuļus. Uzkrājoties lielākam gāzu daudzumam, ir iespējami eksplozijas veida vulkāniskie izvirdumi.

Cietās fāzes daudzums un sastāvs ir atkarīgs no magmas kustības laika virzienā uz Zemes virsu. Sākotnēji šķidrāajā magmā var būt cietu minerālu ieslēgumi (svešķermeņi), kā arī atsevišķu ļoti augstas kristalizācijas temperatūras minerālu kristāliņi, bet laika gaitā šīs fāzes apjoms pieaug līdz magmas pilnīgai pārejai cietajā fāzē.

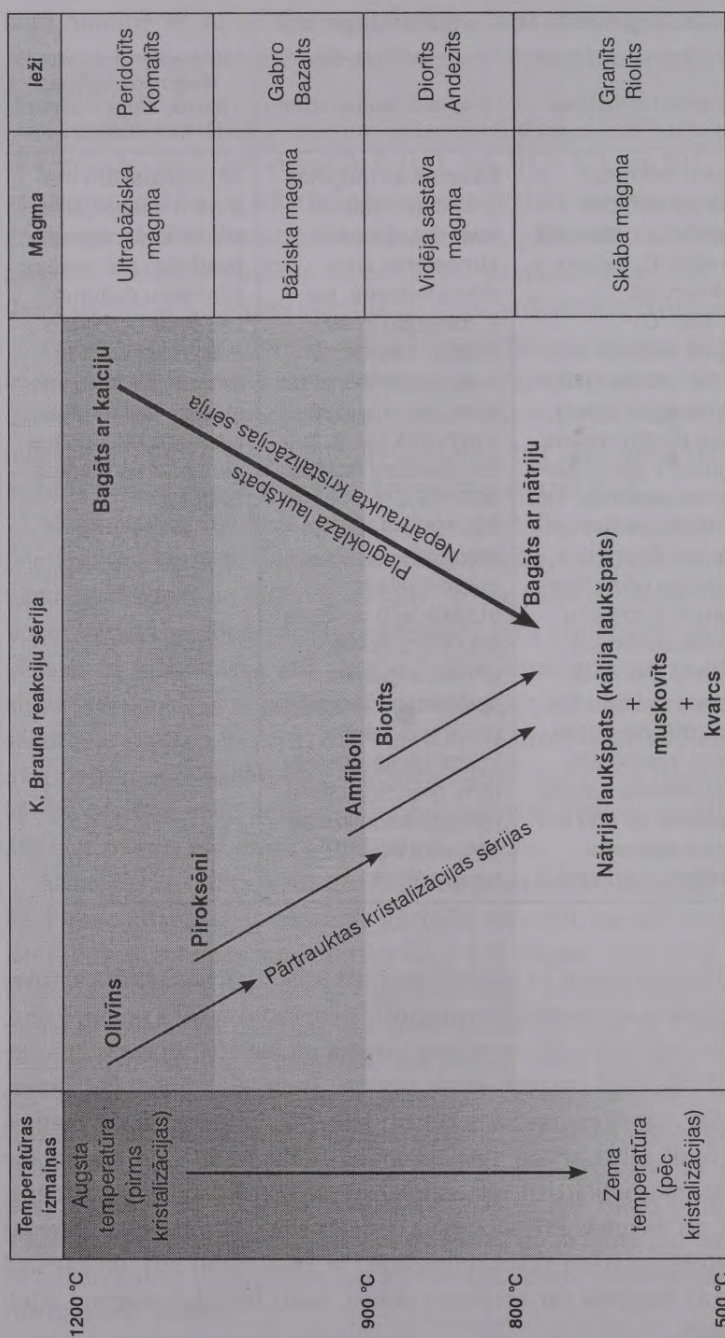
Magmatiskie ieži kopumā ir ļoti daudzveidīga iežu grupa, kurā pēc ķīmiskā sastāva, minerālu sastāva, fizikālajām īpašībām, saguluma apstākļiem un citām īpašībām var tik izdalīts neiedomājams skaits varietāšu. Tāpēc kāda magmatisko iežu vispārpieņemta grupēšana un klasifikācija ļoti ilgstoši nebija iespējama, un risinājumi kļuva pieejami līdz ar priekšstatu attīstību par mantijas un magmas sākotnējo sastāvu, kā arī fizikāli ķīmiskajiem procesiem, kas ietekmē magmatisko iežu veidošanos sākotnējās magmas sastāva izmaiņu laikā. Tās pēdējos gadu desmitus tiek ļoti intensīvi pētītas, un pārskats par tām sniegts nākamajā tabulā (sk. 2. tabulu).

Minerālu kristāliņu veidošanās no magmas notiek noteiktā kārtībā. Pirmie kristalizējas visgrūtāk kūstošie minerāli, kas sāk izdalīties jau tad, kad magmas temperatūra vēl ir ļoti augsta. Seko tādi, kuru kušanas (tātad arī kristalizācijas) temperatūra ir zemāka. Secību, kādā minerāli izdalās no magmas, var aptuveni raksturot ar tā sauktajām reakcijas rindām. Tajās minerāli, kas iedalīti divās grupās – “gaišajos” (laukšpati un kvarcs) un “krāsainajos” (pārējie minerāli), sakārtoti tādā kārtībā, kādā tie radušies, magmai atdziestot. Abas grupas veidojas aptuveni vienādā temperatūrā (kvarcs kristalizējas pēdējais). Kopumā šo noteikto minerālu kristalizācijas rindu pirmoreiz 1927. gadā aprakstīja N. L. Bouens (*Bouwen*), un tā kļuva par pamatu vēlākiem daudz pilnīgākiem (un arī sarežģītākiem) sistēmu risinājumiem (sk. 2. attēlu).

2. tabula. Magmatisko iežu veidošanās apstākļi

Magmas atdzišana	Magmas temperatūra	Magmas kustības ātrums, Zemes garozā sākoties kristalizācijai
Magma nekristalizējas pēkšņi, bet temperatūru intervālā 100–600 °C, lielākoties intervālā 100–200 °C. Magma atdziest eksotermāli, atdodot lieko siltumu apkārtējiem iežiem un atmosfērai. Magmas ir ģeoķīmiski atvērtas sistēmas, kas ļauj aprīt iesaistīties magmas šķidrajai, cietajai un gāzu fāzei. Magmas atdzišanu ietekmē apkārtējie ieži un to īpašības. Magmas veidotu formu atdzišana notiek ļoti lēni, piemēram, vidēja lieluma batolīts ar apjomu 10 000 km³ atdziest aptuveni 10 miljonu gadu laikā.	<i>Ekstruzīvās magmas</i> (vulkāni) – salīdzinoši strauji nonāk atmosfēras spiediena ietekmē, tas ir, minerālu kristalizāciju neietekmē augsts spiediens, un minerālu kristalizācija notiek ļoti strauji temperatūru intervālā 900–1500 °C, visbiežāk 1000–1200 °C. <i>Intruzīvās magmas</i> (plutoniskie jeb intruzīvie ieži) veidojas ļoti lielā dziļumā, un šeit augstam spiedienam ir svarīga nozīme minerālu kristalizācijā. Piemēram, granīta plutonu minerāli kristalizējas aptuveni 600 °C temperatūrā.	Ar ģeofiziskām metodēm ir iespējams sekot līdzi magmas kustībām pat vairāku kilometru dziļumā. Lielākais noteiktais magmas kustības ātrums ir līdz 40 km stundā, bet lēnākie sasniedz tikai dažus centimetrus tūkstoš gados.

Shēmā redzams, ka pirmajā magmas kristalizācijas stadijā aptuveni vienlaikus ar bāziskajiem plagioklāziem rodas olivīns un piroksēni. Relatīvi lielā svara dēļ tie grimst magmā un koncentrējas tās apakšējā daļā. Šķidrajā magmā, kuras sastāvs, šiem minerāliem izdaloties, attiecīgi mainījies, veidojas jau citi minerāli. Ļoti svarīgi, ka magma šādā veidā kļūst arvien vieglāka un bagātāka ar SiO₂, jo kramskābe ietilpst galvenokārt to minerālu sastāvā, kuri kristalizējas pēdējie. Tāpēc arī magmas kristalizācijas pēdējās stadijās rodas par magmas pirmatnējo sastāvu skābāki (bagātāki ar kramskābi) ieži, un sākumā bāziskas magmas var veidoties skābai, nevis bāziskai magmai atbilstoši ieži.



2. attēls. Bouena reakciju sērija (pēc N. L. Bouena ar vēlākām modifikācijām)

Magmas atšķirības konstatējamas ne tikai silīcija oksīda daudzumā, bet arī citās īpašībās, kas atspoguļojas arī dažādos no tās veidojušajos iežos (sk. 3. tabulu).

Tomēr vēlākos gados veiktie pētījumi, kā arī sasniegumi fizikālajā ķīmijā norāda, ka magmatisko iežu veidošanās ir daudz sarežģītāka un tā ir skatāma kā daudzkomponentu un vairākfāžu vide, kurā laika gaitā mainās ne tikai spiediens un temperatūra, bet arī tilpums.

Mūsdienās tas ļauj kritiski vērtēt ne tikai atsevišķu iežu nosaukumus, minerālu sastāvu, bet arī apstākļus, kādos tie ir veidojušies. Šo pētījumu mērķis nav tikai precizēt magmatisko iežu veidošanās apstākļus, tie sniedz mums arī jaunas zināšanas un ļoti daudz jauna par citu planētu un debess ķermeņu veidošanos.

Kad magmā sāk kristalizēties pirmie minerālu kristāliņi, tad tās ķīmiskais sastāvs likumsakarīgi mainās, jo kristāliņos esošā viela turpmākajās reakcijās vairs nepiedalās. Minerālu kristalizācija magmā nenorit vienmērīgi, jo, piemēram, temperatūra vienmēr būs zemāka

3. tabula. Dažādiem magmas tipiem raksturīgākās īpašības

Magmas tips	Ķīmiskais sastāvs	Temperatūra	Viskozitāte	Gāzes daudzums magmā	Veidotie efuzīvie ieži	Veidotie intruzīvie ieži
Bazalta	SiO ₂ 45–55%, ļoti daudz Fe, Mg, Ca, maz K, Na	1000–1200 °C	Zema	Zems	Bazalts	Gabro
Andezīta	SiO ₂ 55–65%, vidēji daudz Fe, Mg, Ca, Na, K	800–1000 °C	Vidēja	Vidējs	Andezīts	Diorīts
Riolīta	SiO ₂ 65–75%, maz Fe, Mg, Ca, daudz K, Na	650 – 800 °C	Augsta	Augsts	Riolīts	Granīts

intruzīvā veidojuma malās, bet spiediens samazināsies kādu laiku tuvumā. Tādējādi magma sāk sadalīties. Eksperimentos ir noskaidrots, ka magmas sastāva izmaiņas var norisēt arī jau pirms kristalizācijas procesu sākuma, atsevišķiem magmas sastāva komponentiem grimstot un noslāņojoties atkarībā no to blīvuma. Kopumā pirmatnējās magmas sadalīšanos atšķirīgās daļās, no kurām var veidoties ieži, kas neatbilst magmas sākotnējam sastāvam, sauc par magmas diferenciāciju. Diferenciācijas teorijas pamatā ir mūsdienās vispārpieņemtais uzskats, ka Zemes garozas magmatiskie ieži ir veidojušies no sākotnēji aptuveni vienādas ultrabāziska vai bāziska sastāva magmas, un ļoti lielā šo iežu dažādība izskaidrojama galvenokārt ar magmas sastāva nepārtrauktām izmaiņām, kā dēļ ar kvarcu bagātīe ieži ir šo reakciju ķēžu noslēguma posmi.

Vēl viens no magmatisko iežu daudzveidības cēloņiem ir arī tā sauktie asimilācijas procesi, kuros magma, Zemes garozā pārvietojoties, vēl vairāk maina savu sastāvu, kausējot un šķīdinot apkārtējos iežus. Ja magma atdziest un sacietē, kamēr asimilācijas procesi vēl nav beigušies, izveidojas ieži, kuros redzami vēl nepārveidotu apkārtējo iežu gabali – ksenolīti.

3.2. | Magmatisko iežu sastāvs

Magmatiskos iežus raksturo to ķīmiskais un minerālais sastāvs, fizikālās īpašības, blīvums, to veidojošo minerālu graudiņu lielums un izvietojums, arī krāsa un daudz citu pazīmju. Zinot ķīmisko sastāvu, var aptuveni noteikt, no kādiem minerāliem ieži veidoti, un otrādi – pēc minerālā sastāva var spriest par iežu ķīmisko sastāvu un ieža veidošanās apstākļiem.

Magmatisko iežu sastāvā dominē tikai daži ķīmiskie elementi: O, Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na un K. To kopējais daudzums magmatiskajos iežos visbiežāk veido līdz 99,5%. Oksīdu formās SiO_2 ir aptuveni 59,12%, Al_2O_3 – 15,34%, pārējo uzskaitīto elementu oksīdi – katrs aptuveni 3,0–3,8%. Svarīgi ņemt vērā, ka 1,15% aizņem H_2O , bet CO_2 daudzums ir ne mazāks par 0,10%. Gandrīz visu magmatisku iežu ķīmiskajā sastāvā izteikti dominē silīcija oksīds, kas ļauj tos kopumā saukt par silikātiem. Sākotnējo magmu patiesībā būtu pareizi saukt par grūti kūstošu silikātu kausējumu ar gaistošo vielu maisījumu.

Šo silikātu lomā dažādos magmatiskos iežos ir mainīga, un mūsdienu aprēķini liecina, ka Zemes garozā tā mainās šādās robežās (sk. 4. tabulu).

Visos iežos ir zināmi arī izklienātie elementi, starp kuriem dominē Li, Be, Sc, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn un Ga, tiem seko Rb, Sr, Y, Zr un Nb, kā arī Ba, Pb un F, Cl, S. Teorētiski iežu diagnostikai būtu nepieciešams analizēt gandrīz visus šos elementus, tomēr ir svarīgi ņemt vērā iežu veidošanās apstākļus. Tā, pētot bazaltus, ir jānosaka Cr, Ni un Cu, bet ne Li, Be un Ba, jo Li, Be un Ba saturs būs zemāks par analīžu jutīguma sliekšni. Līdzīgi, piemēram, pētot granīta pegmatītus ar lepidolīta vizlu, ir jānosaka Li, Be un Ba daudzums, bet nav lietderīgi mēģināt noteikt Cr, Ni un Cu daudzumu. Tāpēc ir svarīgi ņemt vērā ķīmisko elementu nozīmi magmatisko iežu sastāvā (sk. 3. attēlu).

Iepriekšēji minētie lielumi norāda, ka visus magmatiskos iežus var grupēt (klasificēt) pēc silīcija oksīda daudzuma, kas vēsturiski tika saukts par kramskābes (H_2SiO_3) sāļu saturu iezī. Tāpēc ar silīcija oksīdu bagātos magmatiskos iežus sauc par skābiem. Un pretēji – iežus ar augstu metāla bāzu – $Mg(OH)_2$, $Ca(OH)_2$ un $Fe(OH)_2$ – saturu sauc par bāziskiem. Šāda pieeja ļauj magmatiskos iežus klasificēt pēc to skābuma, izdalot piecas lielākās iežu grupas (sk. 5. tabulu).

Grupējot iežus, ir svarīgi ņemt vērā makroskopiski novērojamu kvarca klātbūtni iezī – tas iespējams tikai, ja SiO_2 saturs iezī pārsniedz 57%.

4. tabula. Galvenie magmatiskos iežus veidojošie ķīmiskie elementi (oksīdu izteiksmē, masas procentos)

Oksīdi	Vērtību robežas, masas procentos
SiO_2	35–80
Al_2O_3	8–22
TiO_2 , Fe_2O_3 , FeO , MnO , MgO , CaO	4–30
Na_2O	1,5–8
K_2O	0,5–8
H_2O	~0,1–4
P_2O_5	< 0,15
CO_2	0,01–0,23

Grupa	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Periods																			
1	1 H																	2 He	
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr	
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe	
6	55 Cs	56 Ba	*	71 Lu	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra	**	103 Lr	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Uub	113 Uut	114 Uuq	115 Uup	116 Uuh	117 Uus	118 Uuo
* Lantanoidi	*		57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb			
**Aktinoidi	**		89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No			

3. attēls Ķīmisko elementu nozīme magmatisko iežu sastāvā. Apzīmējumi: – galvenie elementi, – izklaidēti elementi, – reti elementi, – gāzu fāzes elementi

5. tabula. Magmatisko iežu grupas pēc SiO_2 satura iežī

Magmatisko iežu grupa	SiO_2 saturs iežī, masas %
Ultrabāziskie (ultrabazīti)	30–44
Bāziskie (bazīti)	44–53
Vidēja sastāva	53–64
Skābie	64–75
Ultraskābie	>75

Magmatisko iežu īpašības atspoguļo magmas ķīmisko sastāvu, no kura tie ir veidojušies. Ultrabāziskas magmas iežos vienmēr ir ļoti augsts dzelzs, mangāna un titāna saturs. Šo elementu ir mazāk bāziskos iežos, kur tos aizvieto kalcijs un alumīnijs. Savukārt iežos, kas radušies no vidēja sastāva magmām, dzelzs un mangāna saturs ir vēl mazāks, tajos vairāk ir nātrija un kālija. Vēl vairāk nātrija un kālija ir tikai skābo magmu iežos. Skābajās magmās silīcija un skābekļa ir tik daudz, ka tikai šāda sastāva iežos var veidoties tīrs silīcija oksīda minerāls – kvarcs.

Silīcijam, skābeklim un alumīnijam ir galvenā nozīme magmatiskajos iežos, jo tie ir veidoti galvenokārt no alumosilikātu un silikātu minerāliem un kvarca. No minerāliem visvairāk izplatīti ir laukšpati, kas veido aptuveni 60% no visas magmatisko iežu masas, kvarcs (12%) un piroksēni (12%), tiem seko vizlas un pārējie minerāli.

Magmatisko iežu minerālus iedala divās lielās grupās: *saliskos* – laukšpati, nefelīns, leicīts, kvarcs (nosaukums atvasināts no Si un Al) – un *femiskos* – dzelzs un mangāna silikāti un muskovīts. Šo minerālu klātbūtnei, tāpat kā atsevišķu minerālu daudzuma attiecībām, ir ļoti liela nozīme šo iežu klasifikācijā. Visbiežāk magmatisko iežu petrogēnie minerāli ir saliskie – ortoklāzs, mikroklīns, albīts, oligoklāzs, labradora, anortīts, leicīts, nefelīns un kvarcs. No femiskajiem visplašāk ir izplatīti olivīns, piroksēni, ragmānis, biotīts un muskovīts.

3.3. Magmatisko iežu uzbūve

Lielākās daļas magmatisko iežu veidošanās notiek lielā dziļumā, kas pētījumiem tieši nav pieejami, tāpēc tiek pētīti senā ģeoloģiskā pagātnē veidojušies magmatiskie ieži, kuri mūsdienās atsedzas

Zemes virsū vai atrodas nelielā dziļumā. Par šo iežu veidošanās apstākļiem mūsdienās zinātnieku rīcībā ir daudz vairāk datu nekā jebkad senāk, un tas ļauj iežus arvien precīzāk nosaukt, drošāk atrast ar tiem saistītās derīgo izrakteņu atradnes, kā arī prognozēt to veidošanos un īpašības nākotnē.

Raksturojot magmatiskos iežus, svarīgi ir sniegt ieskatu par magmatisko iežu veidotām formām, kā arī iežu tekstūrām un struktūrām – tie ir droši nosakāmi lauku novērojumos un var atvieglot pētāmo paraugu noteikšanu.

3.3.1. Magmatisko iežu veidotās formas

Arī mūsdienās magmatisko iežu veidošanās turpinās. Par to liecina daudzie vulkāni gan sauszemē, gan jūru un okeānu dibenā. Magma dziest arī vidusokeānu grēdās, tā silda dziļos termālos ūdeņus, un nav zināmas nekādas pazīmes, ka šis process nākotnē varētu mazināties. Skaitļi par magmas daudzumu, kas nonāk Zemes virsū, ir atšķirīgi, bet jaunākie H. Šminke (*H. U. Schmincke*) dati liecina, ka tie ir visai ievērojami (sk. 6. tabulu).

Lielumi tiešām ir iespaidīgi – Zemes virsū ik gadu sasniedz vidēji vairāk nekā 33 kubikkilometri magmatisko iežu! Un tikai aptuveni 15% no tiem ir viegli atpazīstami kā vulkānu izmestie pelni, vulkāniskās bumbas un šķidro lavu plūsmas. Netieši tas liecina, ka lielākā magmas daļa, nerasniedzot tieši Zemes virsū, atdziest un sacietē, veidojot kādas acīm neredzamas formas ar intensitāti, kas sasniedz gandrīz 30 kubikkilometru gadā.

6. tabula. Magmatisko iežu jaunveidojumu intensitāte mūsdienās

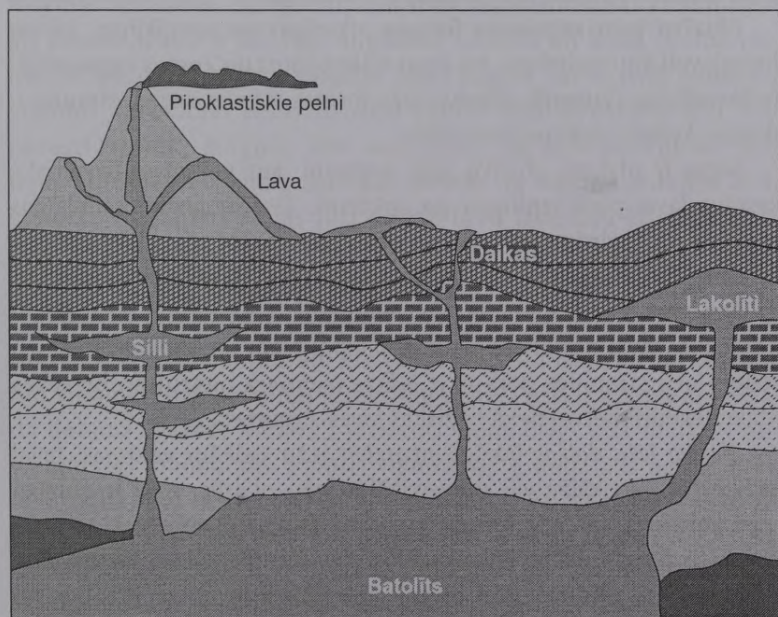
Magmatisko iežu grupas	Pārklājumu veidošana uz plātnēm subdukcijas zonu tuvumā	Okeānisko plātņu diverģences zonās	Starp okeāniskām plātnēm	Starp kontinentālām plātnēm	Kopā, km ³ gadā
Ekstruzīvie (efuzīvi) ieži	0,6	3	0,4	0,1	4,1
Intruzīvie ieži	8	18	2	1,5	29,5
Kopā, km ³ gadā	8,6	21	2,4	1,6	33,6

Zemes garozā magmatiskie ieži iegul visai dažādās formās, kuras ģeologi jau sen ir mēģinājuši aprakstīt un raksturot. Intruzīviem un efuzīviem magmatiskajiem iežiem tās ir atšķirīgas.

Intruzīvo iežu raksturīgākās formas Zemes garozā ir lakolīti, lo-polīti, silli, fakoļīti, batolīti, štoki, daikas un dzīslas (sk. 4. attēlu). Izplatītākie ir batolīti, lakolīti, silli un daikas.

Batolīti ir milzīgu izmēru intruzīvo iežu masīvi, kas apkārtējos iežos veido nepareizas formas, bieži sazarotus kupolus ar visai nelīdzenu virsu. Vienkāršojot tos visbiežāk grafiski salīdzina ar izstieptu lodveida vai iegarenu balonveida vertikāli orientētu formu. Vietās, kurās batolīti atsedzas Zemes virspusē, tie aizņem vairākus desmitus un simtus tūkstošu kvadrātkilometru lielu platību, to tilpums nereti pārsniedz simtiem tūkstošu un pat miljonus kubikkilometru. Batolīti var sniegties ļoti lielā dziļumā. Tie visbiežāk ir veidoti no granītiem un sastāva ziņā tiem līdzīgiem skābiem iežiem.

Lakolīti ir klaipveida vai sēnes veida masīvi, kam paaugstināta centrālā daļa. Nogulumiežu slāņi virs lakolītiem parasti ir pacelti



4. attēls. Magmatisko iežu iegulu izplatītākās formas

uz augšu. Lakolītu formu izmēri horizontālā virzienā mainās no vairākiem simtiem metru līdz dažiem kilometriem.

Silli ir plātņveida intruzīvi veidojumi un pat veseli masīvi, kas izvietojas starp nogulumiežu slāņiem un var aizņemt vairākus desmitus tūkstošus kvadrātkilometru lielu platību. Nereti silli izveidojas vairākās kārtās (stāvos) un izvietojas cits zem cita. Tiem raksturīgs bāzisks sastāvs, jo bāziskās magmas ir ļoti mazviskozas un viegli iespiežas starp nogulumiežu slāņiem.

Daikas ir plātņveida vertikāli vai nedaudz noliekti ķermeņi, kas, šķēlot apkārtējos iežus, var turpināties lielā dziļumā Zemes iekšienē. Tur, kur daikas iznāk virspusē, tās bieži vaļņa veidā paceļas virs iežiem, kas ir mazāk noturīgi pret dēdēšanu. Daiku biezums var būt no dažiem metriem līdz 10 kilometriem, to garums var sasniegt pat 500 kilometru (Angolā). Parasti veidojas vairākas daikas kopā, kuras savā starpā saista vēl dzīslas. *Dzīslas* atšķiras no daikām ar daudz mazākiem izmēriem un ar slīpu, nereti pat horizontālu sagulumu. To biezums parasti nepārsniedz dažus metrus, garums – dažus simtus metru. Plānā to virzieni var nozīmīgi atšķirties, tās bieži veido sarežģītas daiku sistēmas, kas savstarpēji krustojas.

Efuzīvo iežu saguluma formas atkarīgas no apstākļiem, kādos notiek vulkānu izvirdumi, no lavas viskozitātes un Zemes virsas reljefa īpatnībām. Galvenās efuzīvo iežu formas ir lavas segas, straumes, daikas, kupoli, neki un diatrēmas.

Segas ir plakani efuzīvo iežu ķermeņi, kas veidojas, bazaltiska sastāva lavai plaši izplūstot pa apkārtni. Tās var aizņemt milzīgas platības un, izvirdumiem atkārtojoties, var veidot specifiskas reljefa formas – bazalta plato, kas sastāv no vairākām bazalta lavas kārtām.

Straumes ir izstieptas formas veidojumi, kas veidojas uz vulkānu nogāzēm, lavai noplūstot pa pazeminājumiem un ielejām. Viskoza skābo lavu straumes parasti ir īsākas (simtiem metru) un biežākas (daži desmiti metru) nekā bāziskas lavas straumes.

Efuzīvo iežu daikas līdzīgi intruzīvo iežu daikām veidojas, lavai atdziestot vertikālās vai subvertikālās iežu plaisās. *Neki* ir efuzīvo iežu ķermeņi, kas pēc formas atgādina štokus, un tie veidojas, lavai sastingstot vulkānu izvadkanālos. *Kupoli* ir ieapaļi vai konusveida ķermeņi, kas veidojas, ļoti biežai un viskozai lavai izspiežoties no vulkānu krāteriem un nenoplūstot pa nogāzi projām. *Diatrēmas* pēc

formas ir līdzīgas nekiem, tās veidotas no vulkānisko un apkārtējo iežu gabaliem un rodas vulkānisko gāzu sprādzienos liela spiediena un augstas temperatūras apstākļos.

3.3.2. | Magmatisko iežu struktūra un tekstūra

Magmatisko iežu uzbūves īpatnības vispilnīgāk raksturo to struktūra un tekstūra. Iežu **struktūru** nosaka kristalizācijas pakāpe un minerālu graudu lielums. Ar jēdzienu **tekstūra** parasti apzīmē uzbūves īpatnības, kas saistās ar iežu sastāvdaļu izvietojumu, sakārtojumu un telpisko orientāciju. Ir jāņem vērā, ka šāds struktūras un tekstūras terminu skaidrojums ir vēsturiski veidojies un konsekvēti tiek ievērots tikai tā saucamajā Krievijas petrogrāfu un ģeologu skolā, bet vairākumā valstu kopš pagājušā gadsimta sākuma šiem terminiem ir tieši pretēja nozīme. Tas ir, struktūra apzīmē iežu sastāvdaļu izvietojumu un telpisko orientāciju, bet ar tekstūru saprot minerālu graudu lielumu, kristalizācijas pakāpi. Lai izvairītos no nevajadzīgiem pārpratumiem, tas jāatceras, lasot literatūru citās valodās.

Magmatisko iežu **struktūra** veidojas atkarībā no tā, cik ātri notiek magmas atdzišana, cik ilgi turpinās minerālu veidošanās kristalizācijas procesi, kāds ir kristālu augšanas ātrums un kādā secībā minerāli veidojas. Ja visa magmas masa pagūst pārvērsties minerālu graudos, izveidojas *pilnkristāliskas (fanerītiskas) struktūras* ieži. Tas parasti notiek, magmai lēni atdziestot un kristalizējoties ļoti lielā dziļumā lielās magmatiskās formās. Ja magma atdziest ātri, gandrīz vienlaikus rodas ļoti daudz tuvu izvietotu kristalizācijas centru, ap tiem veidojas minerālu kristāli, kuri traucē cits citam augt un sasniegt lielākus izmērus. Tas traucē arī šķidrās fāzes kustībai, kā dēļ rodas nepilnīgi izveidoti, deformēti un arī neraksturīgi dažādu minerālu kristāli. Pilnkristāliskas struktūras var būt vienmērīgi graudainas (graudiņu izmērs iezī ir aptuveni vienāda lieluma, dažādi minerāli izvietoti vienmērīgi visā iezī) un nevienmērīgi graudainas. Parasti vienmērīgi graudainas detalizētāk neapskata, bet nevienmērīgi graudainām ir vairākas ļoti raksturīgas struktūras. Tiek izdalītas *porfīrveida* struktūras (atsevišķu lielu izmēru minerālu graudi izdalās no kopējās rupjgraudainas vai vidēja lieluma graudu pamatmasas), *porfīriskas* struktūras (viena vai vairāku minerālu kristāli veido labi redzamus ieslēgumus sīkgraudainā

vai slēptkristāliskā ieža pamatmasā) un *grafiskas* struktūras (kāda minerāla kristāli cauraug kāda cita minerāla kristālus).

Porfīrveida struktūras rodas, ja lēni atdziestošā magmā atsevišķu minerālu kristāli pieaug dažādā ātrumā. Porfīrisko iežu veidošanās noris divās stadijās. Vispirms rodas minerāli, kas vēlāk kļūst par ieslēgumiem. Šajā laikā minerālu veidošanās procesi vēl tikko sākas, un izveidojušies kristāli it kā “peld” vēl nesacietējušā magmā. Tai saskaroties ar aukstiem iežiem vai magmai izplūstot virspusē, sāk kristalizēties magmas vēl nesacietējušā daļa, no kuras, ātri atdziestot, veidojas porfīrisko iežu *sikgraudainā vai slēptkristāliskā (afanītiska)* pamatmasa. Grafiskās struktūras raksturīgas pegmatītiem.

Ja magma atdziest un sacietē tik strauji, ka kristalizācijas process nemaz nepagūst norisināties, rodas amorfi ieži ar *stiklainu struktūru*. Ja magma atdziest vidēji ātri, veidojas ieži, kam piemīt *puskristāliska struktūra* – tie sastāv no stiklainas pamatmasas un tajā ieslēgtiem kristāliskiem graudiem. Stiklainās un puskrīstāliskās struktūras ir raksturīgas dažiem vulkānisko lavu tipiem.

Tekstūras ir atkarīgas no iežu veidošanās dinamiskajiem apstākļiem. Vairākumā gadījumu magmatiskajiem iežiem ir *masīva tekstūra*. Tai raksturīgs visu minerālu graudu vienmērīgs izvietojums iežī, atsevišķās daļas ne sastāva, ne uzbūves ziņā neatšķiras. Masīva tekstūra liecina par vienveidīgiem magmas kristalizācijas apstākļiem un mazkustīgu magmu.

Taksīta tekstūrām atsevišķu minerālu graudi koncentrējas noteiktās ieža daļās, kā dēļ to sastāvs vai uzbūve atšķiras no pārējā ieža. Veidojas plankumi ar neizteiktām robežām. Ja atsevišķi minerāli koncentrējas izstieptu, paralēli izvietotu joslu veidā, rodas taksītu tekstūras paveids – joslaina tekstūra.

Direktīvas jeb virzītas tekstūras ieži atšķiras no masīvajiem ar to, ka satur lēcveida vai plakanas formas minerālu graudus, kas iežī orientēti gandrīz paralēli vienā virzienā. Atsevišķas minerālu koncentrācijas joslas neveidojas.

Ja, lavai izplūstot Zemes virsū, no tās intensīvi izdalās gāzes, rodas ieži ar *porainu vai kavernožu tekstūru*. Porām aizpildoties ar gaišas krāsas sekundārajiem minerāliem, porainā tekstūra pārvēršas par *mandeļakmens* tekstūru. Poraino un kavernožu tekstūru pretstats ir

blīva tekstūra, kas tipiska obsidiāniem – amorfas uzbūves vienveidīgai, stiklainai lavai (“vulkāniskajam stiklam”). Ja šādās lavās saglabājušās tecēšanas pazīmes, tām ir plūsmas jeb *fluidāla* tekstūra.

3.4. Magmatisko iežu klasifikācija

Vienota magmatisko iežu klasifikācijas sistēma vēl nav izstrādāta. Parasti tos klasificē pēc ģeoloģisko veidošanās apstākļu, ķīmiskā un minerālā sastāva un struktūras īpatnībām.

3.4.1. Ģenētiskā klasifikācija

Ģenētiskā klasifikācija balstās uz dziļumiem, kurā notiek iežu veidošanās. Magmatiskos iežus iedala plutoniskajos (dziļumā veidojušies), hipabisālajos (vidēja dziļuma ieži) un vulkāniskajos (veidojas Zemes virspusē). Šo sistēmu mūsdienās reti izmanto, jo tā nav praktiska, tomēr sniedz sākotnēju novērtējumu par iežiem. Iežu ģenētiskā klasifikācija ir nepilnīga, jo neapskata iežus veidojošos minerālus un ķīmisko sastāvu un neļauj atsevišķi nodalīt, piemēram, riolītus no bazaltiem. Tomēr šāda magmatisko iežu klasifikācija ir salīdzinoši izplatīta, un ieskats tajā var būt noderīgs.

Klasifikācijas pamatā ir novērojumi, ka atšķirīgā dziļumā magmas atdzišana sākas agrāk vai vēlāk, arī magmas diferenciācija, apkārtējo iežu asimilācija un jaunu minerālu veidošanās procesi noris dažādā ātrumā. Tā dēļ no viena un tā paša tipa magmas var rasties sastāva, uzbūves, izskata un citu īpašību ziņā visai atšķirīgi ieži. Tā, piemēram, granīta sastāva magmai ātri atdziestot nelielā dziļumā vai pat Zemes virsū, veidosies nevis pilnkristālisks granīts, bet vulkāniskā lava – kvarcporfīrs vai stiklainais riolīts.

Atkarībā no veidošanās dziļuma visus magmatiskos iežus var iedalīt divās pamata grupās – intruzīvajos (no latīņu *intrusus* – ieģrūsts) jeb dziļumiežos, kas radušies Zemes dziļumā, šķidrajai magmai iespiežoties vecākos iežos, un efuzīvajos (no latīņu *effusio* – izplūšana, piespiedu kustība) jeb izlijumiežos, kas veidojas Zemes virsū, magmai izplūstot vulkāniskas lavas veidā.

Atsevišķi izdala arī vidējā un nelielā dziļumā veidojušos hipabisālos iežus. Tie raksturo pārejas apstākļus starp tiem, kuros veidojas

intruzīvie un efuzīvie ieži. Tie ir plaši izplatīti, veidojot arī dzīslu iežus, magmai iespiežoties un kristalizējoties magmatiskā masīva vai apkārtējo iežu plaisās.

Iežu struktūras un tekstūras īpatnības raksturo magmatisko iežu veidošanās apstākļus. Vairākumā gadījumu intruzīvo iežu kopīgā pazīme ir to pilnkristāliska, nereti izteikti graudainā struktūra. Hipabisālos dziļumos un iežu plaisās parasti veidojas ieži ar smalkgraudainu vai porfirisku uzbūvi. Ja dzīslu iežu minerālu veidošanās saistīta ar pegmatītu procesiem, tiem veidojas arī lielgraudainas vai grafiskas struktūras. Efuzīvajiem iežiem (piemēram, vulkāniskajām lavām) raksturīga ir porfiriska un slēptkristāliska struktūra, kā arī poraina vai mandeļakmens tekstūra. Salīdzinoši reto stiklaino lavu tekstūrā var būt pat vairāk poru nekā cietās ieža masas. Līdzīgi ir ieži, kas veidojas no gāzēm bagātas lavas "putām", un tie var būt tik viegli, ka peld ūdenī. Iežu labi redzamās poras un to aizpildījums ar minerāliem, kas veidojušies zemā temperatūrā, ir drošas pazīmes, pēc kurām vulkāniskas lavas var atšķirt no līdzīga izskata hipabisālajiem iežiem.

3.4.2. | Struktūru klasifikācija

Struktūru (angliski – tekstūru) klasifikācija balstās uz iežus veidojošo minerālu graudu lielumiem. Minerālu graudi tiek iedalīti afanītiskajos (sīkgraudaini, graudiņu lielums < 1 mm), fanerītiskajos (vidēji graudaini, minerālu graudiņu izmēri ir no 1 līdz 5 mm) un rupjgraudainajos jeb pegmatiskajos (graudiņu lielums > 5 mm). Klasifikācija ir visai ierobežoti izmantojama mūsdienās, jo tā neapskata iežu veidojošo minerālu sastāvu un to ķīmisko sastāvu. Senāk domāja, ka struktūra ir saistīta ar iežu veidošanās apstākļiem, un šī klasifikācija tika plaši izmantota.

3.4.3. | Klasifikācija pēc ķīmiskā sastāva

Klasifikācijai ir vairāki būtiski trūkumi – tā nav praktiska un nav izmantojama lauka apstākļos, kur pieejams ir tikai āmurs un lupa, jo klasifikācijai ir nepieciešams veikt pilnīgu ķīmisko analīzi. Klasifikācija tika izmantota efektīvi tieši vulkānisko iežu grupēšanai, un to joprojām izmanto, nosakot konkrēta izvirduma veidojumus. Mūsdienās klasifikācija nav piemērojama attiecībā uz plutoniskiem iežiem, tomēr tā joprojām tiek salīdzinoši plaši izmantota.

Klasifikācija pēc *silīcija oksīda satura* ir izplatītākā (sk. 7. tabulu).

Atsevišķi vēl izdala tā sauktos sārmainos iežus – skābos un vidēji skābos kālija un nātrija laukšpatu iežus bez kalcija laukšpatiem – un iežus ar paaugstinātu (10–30%) nefelīna saturu.

Klasifikācijas pamatā ir novērojumi, ka SiO_2 satura maiņa likumsakarīgi izpaužas iežu minerālajā sastāvā. Iežu skābuma pakāpei samazinoties, to sastāvā samazinās kālija un nātrija laukšpatu daudzums, vienlaikus palielinās ar kalciju bagāto plagioklāzu saturs. Tipiski bāziskajos iežos ietilpst galvenokārt labradora un anortīts, vidēji skābos un bāziskos iežos būtiski pieaug dzelzs un mangāna minerālu saturs, ultrabāziskie ieži ir veidoti gandrīz tikai no olivīna un piroksēniem.

Priekšstatu par to, kādai no magmatisko iežu skābuma grupām iezis atbilst, var gūt pēc dažām ārējām pazīmēm. Skābie un vidēji skābie graudainas struktūras ieži parasti ir raibi – uz gaišākā laukšpatu graudu fona izdalās daudz tumšākie ragmāņu, biotīta un citu femisko minerālu kristāli. Gandrīz tikai skābajos un vidēji skābajos iežos sastopami sārtas vai sarkanas krāsas ortoklāza vai mikrokļīna kristāli. Arī kvarca graudi iežos gandrīz vienmēr norāda uz to piederību pie skābo iežu grupas. Bāziskie ieži sastāv galvenokārt no pelēka, tumši pelēka vai melna plagioklāza un melna piroksēna, tāpēc šiem iežiem gandrīz vienmēr ir pelēcīga, tumši pelēka vai melna krāsa. Daudz retāk sastopami magmatiskie ieži, kuros uz tumši pelēka vai melna fona labi izdalās gaišas krāsas izstieptas formas plagioklāzu kristāli. Ultrabāziskie ieži gandrīz vienmēr ir melni vai iezālgani melni.

Makroskopiski nosakot iežus, svarīga ir arī iežu krāsa. Bāziskumam pieaugot, krāsa kļūst arvien tumšāka. Tas izskaidrojams ar

7. tabula. Galvenās iežu grupas pēc *silīcija oksīda satura*

ieži grupas	SiO_2 daudzums masas procentos	Raksturīgi piemēri un vidējais SiO_2 saturs tajos masas procentos
Skābi (felsiski)	> 66	Granīti ~ 72%, granitoīdi ~68%
Vidēji	52–66	Andezīti ~57%
Bāziski (mafiski)	45–52	Bazalti 48–52%
Ultrabāziski	< 45	Peridotīti 41–42%

femisko minerālu un bāzisko plagioklāzu daudzuma palielināšanos uz kvarca, kālija un nātrija laukšpatu un arī skābo plagioklāzu rēķina. Tāpēc ultrabāziskajiem iežiem ir arī daudz lielāks blīvums, pēc kura tos viegli var atšķirt no līdzīga izskata bāziskajiem iežiem. Sārmaino iežu droša atšķiršanas pazīme ir nefelīna vai leicīta minerāli iežā, nereti tajos ir arī spilgti sarkani laukšpatu kristāli, bet nekad nav pelēku laukšpatu kristālu.

Pēc ķīmiskās iežu klasifikācijas, lai izdalītu magmatisko iežu galvenos tipus, nepieciešams noteikt, no kādiem minerāliem tie sastāv un kādas ir šo minerālu daudzuma attiecības. Klasifikācijas priekšrocības: šādam mērķim ir nepieciešams noteikt tikai dažus svarīgākos minerālus – saliskos kālija un nātrija laukšpatus, plagioklāzus, kvarcu, nefelīnu, nozīme ir arī femiskajiem minerāliem – olivīnam, piroksēniem, ragmāņiem un vizlām. Atkarībā no galveno minerālu satura visus magmatiskos iežus iedala astoņās lielās grupās, kurām ir salīdzinoši līdzīgs minerālais un ķīmiskais sastāvs un kuru nosaukumi ir veidoti pēc šo grupu izplatītāko intruzīvo un efuzīvo iežu nosaukumiem (sk. 3.5. nodaļu).

Intruzīvos, efuzīvos un hipabisālos apstākļos radušies magmatiskie ieži savstarpēji būtiski atšķiras. Izplatītākie *intruzīvie ieži* ir peridotīti, gabro, diorīti, sienīti un granīti, ar kuriem cieši saistīti sastāva ziņā līdzīgie, ar plagioklāzu bagātie ieži anortozīti, kvarcdiorīti un plagiogranīti, kā arī sārmainie ieži – nefelīnsienīti, sārmainie sienīti un sārmainie granīti. No šiem galvenajiem iežiem tiek izdalīts ļoti liels skaits pārejas tipa iežu, piemēram, granodiorīti, kuru sastāvs ir vidējs starp diorītiem un granītiem. Šādos gadījumos ieža nosaukumu veido no attiecīgo divu galveno iežu tipu nosaukumiem.

Vulkānisko lavu veidoto *efuzīvo iežu* klasifikācija ir daudz sarežģītāka, jo ne visi minerāli ir viegli nosakāmi, tāpēc par galveno uzskata iežu struktūru, tekstūru un porfīrisko ieslēgumu graudu minerālu sastāvu. Svarīgi ir ņemt vērā, ka šo iežu uzbūve un sastāvs var būtiski mainīties pēc to izveidošanās, tiem pārkristalizējoties un veidojoties jauniem minerāliem.

Hipabisālos un *dzīslu iežus* nosacīti iedala divās grupās. Pirmo grupu veido smalkgraudainas vai porfīriskas struktūras ieži, kuru minerālu sastāvs atbilst ar tiem saistīto intruzīvo iežu sastāvam.

To nosaukumus veido pēc intruzīvo iežu nosaukuma, papildinot ar apzīmējumu "mikro-", piemēram, smalkgraudains granīta sastāva dzīslu iezis ir mikrogranīts, līdzīgi tiek izdalīti mikrosienīts utt. Ir zināmi arī ieži, kuriem nav tāda paša sastāva intruzīvo analogu, no tiem plašāk izplatīti ir aplīti un pegmatīti. Aplīti ir raksturīgi dzīslu ieži gandrīz pilnīgi baltā vai arī gaiši sārtā, pelēcīgā krāsā, un to sastāvā visbiežāk ir gandrīz tikai kvarcs un laukšpats. Pegmatīti atšķiras no aplītiem ar lieliem minerālu graudiem, to struktūra parasti ir lielgraudaina, lielos kristālus veido gaišas krāsas minerāli (laukšpati, kvarcs), bet tajos var būt arī vizlas, turmalīns, apatīts, topāzs un citi minerāli.

3.4.4. | Klasifikācija pēc iežu krāsas

Klasifikācija pēc krāsas ir ērta, jo tā ir uzskatāma, tomēr tā ir ļoti aptuvena. Vēl nesenā pagātnē plaši tika izmantota klasifikācija pēc piesātinājuma ar izplatītākajiem magmatisko iežu ķīmiskajiem elementiem to oksīdu formā – SiO_2 un Al_2O_3 . Atkarībā no piesātinājuma ar SiO_2 var tikt izdalītas trīs iežu grupas – pārsātināti (satur ļoti daudz kvarca un tā paveidu), piesātināti (nesatur kvarcu un ar silīciju nepiesātinātus minerālus) un nepiesātināti (satur tikai nepiesātinātus minerālus). Šāda klasifikācija nav ērta, tomēr tā ļauj iežus grupēt. Šādām vajadzībām tiek izmantots Šanda (*S. J. Shand*) jau 1927. gadā piedāvātais minerālu saraksts attiecībā pret to piesātinājumu ar SiO_2 (sk. 8. tabulu).

Vēl retāk tiek izmantota iežu klasifikācija pēc Al_2O_3 piesātinājuma. Mūsdienās to lieto gandrīz tikai detalizētos granītu pētījumos, attiecinot Al_2O_3 daudzumu pret sārmezemju oksīdu ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO}$) masas summu.

8. tabula. Ar silīcija oksīdu piesātināti un nepiesātināti minerāli

Raksturīgi ar SiO_2 piesātināti minerāli	Raksturīgi ar SiO_2 nepiesātināti minerāli
Visi laukšpati, piroksēni un amfiboli, vizlas, fialīts, spesartīns, almandīns, sfens, cirkons, topāzs, magnetīts, ilmenīts, apatīts	Leicīts, nefelīns, sodalīts, kankrinīts, analcīts, forsterīts, melanīts, andradīts, pirops, perovskīts, melilīts, korunds, kalcīts

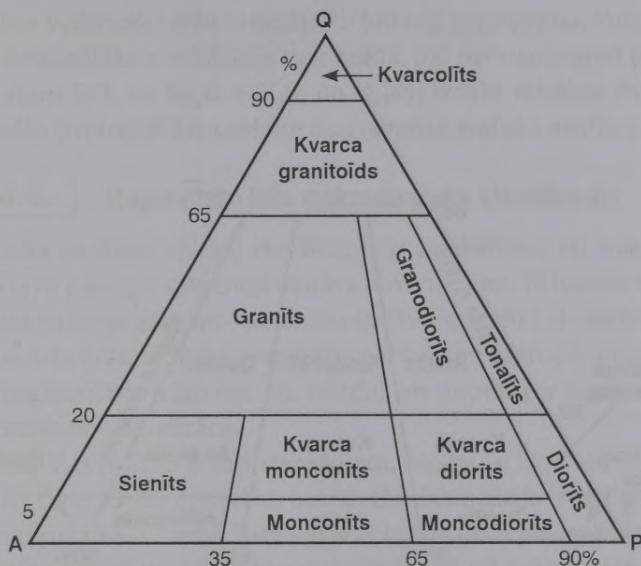
Tā tika izstrādāta vairāku gadu desmitu laikā, un to ir apstiprinājusi Starptautiskās ģeoloģisko zinātņu savienības Magmatisko iežu klasifikācijas apakškomisija (IUGS CIR) A. Streckeisena (*Streckeisen*) vadībā 1974. gadā. Tās pamatā ir noteiktā tilpumā noteikto minerālu satura modālās vērtības analītiski noteiktiem tilpuma procentiem. Vērtību skalas balstās uz noteiktā kvarca (Q), bāziskā laukšpata (A), plagioklāza (P) un feldšpatoīdu (nefelīna, leicīta u. c.) (F) daudzuma noteikšanu. Svarīgi, ka metode ir piemērojama izmantošanai arī lauka apstākļos.

IUGS ir akceptējusi divas atsevišķas magmatisko iežu klasifikācijas shēmas¹ – vienu intruzīvajiem iežiem (QUAPF), otru – gabro grupas iežiem. Tās neapskata magmatiskos izvirdumiežus, par kuru klasifikāciju pētniekiem joprojām nav viena viedokļa.

Grafiski magmatisko iežu klasifikāciju atspoguļo kā dipiramīdu jeb rombu, kura virsotnē atrodas kvarcs (Q), uz horizontālās ass pa labi izvietoti kalcija plagioklāzi un laukšpati (P) un pa kreisi – kālija laukšpati un albīts (A), romba pamatnē – foīdi jeb ar silīciju nepiesātināti minerāli (F). Šāda pieeja ļauj klasifikācijas romba augšējā daļā detalizēti atspoguļot ar silīciju bagātu iežu savstarpējās attiecības (sk. 5. attēlu), romba apakšējā daļā – ar silīciju nepiesātinātu iežu galvenās grupas.

Šajā shēmā nav tieši ietilpināmi gabroveida ieži, kuru klasifikācijai ir izstrādāta atsevišķa shēma. *Gabroīdi* (*gabroveida ieži*) ir ieži, kuru lielāko masu veido dažādi plagioklāzi, un kopumā tos sauc par gabro vai diorītiem. Detalizētāk šo iežu grupu klasificē, izdalot vairākas atsevišķas grupas, par pamatu ņemot dzelzs un magnija plagioklāzu daudzumu. Ja šo minerālu daudzums ir mazāks par 5% – ieži sauc par anartozītu; ja vairāk nekā 40% – par gabro. Iežus, kuros dzelzs un magnija plagioklāzu daudzums svārstās starp 5–40%, sauc par diorītiem. Tas ir vienkāršots dalījums, jo patiesībā šo gabroveida iežu varietāšu ir vairāki desmiti, bet tās visas ir nosakāmas tikai laboratorijas apstākļos.

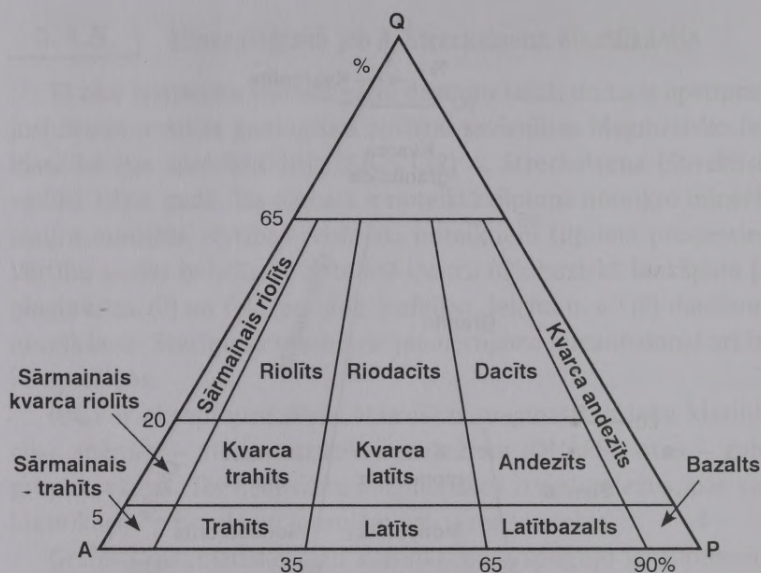
¹ Detalizētāka informācija: IUGS Commission on Systematics in Petrology (CSP) <http://www.dmp.unipd.it/IUGS-CSP/IUGS-CSPindex.htm>



5. attēls. Vienkāršota IUGS intruzīvo magmatisko iežu klasifikācijas shēma

Ultrabāziskie ieži satur vairāk nekā 90% dzelzs un magnija minerālus, un šo iežu detalizētāka klasifikācija balstās uz tumšas krāsas minerālu sastāvu. Ja dzelzs un magnija minerālus pamatā veido olivīns un piroksēni, tad nosaukumus veido pēc olivīna minerālu daudzuma attiecībām pret ortopiroksēnu (enstatīta un hiperstēna) un klinopiroksēnu (parasti – augīta) daudzumu. Ja olivīna daudzums šajās proporcijās pārsniedz 90%, tad ieži sauc par dunītu; ja tas ir starp 40–90%, tad – par hercбургītu, vērlītu vai lertzolītu (atkarībā no ortopiroksēnu un klinopiroksēnu daudzuma attiecībām). Tie ir augšējās mantijas raksturīgi ieži. Ja iežī olivīna daudzums ir zemāks par 40%, tie ir olivīna vebsterīti un piroksenīti.

Līdzīga ultrabāzisko iežu klasifikācija tiek piemērota, ja tajā tiek konstatēti ragmāņi. Tad tiek noteiktas proporcijas starp olivīnu, amfiboliem un piroksēniem, kas ļauj šos iežus klasificēt. Ja olivīna daudzums pārsniedz 90% – tie ir dunīti; ja olivīna saturs ir 50–90%, tad tie ir piroksēna amfibolu peridotīti (peridots ir viens no olivīna pusdārgakmeņu paveidiem). Ja olivīna daudzums ir 5–49%, tad atkarībā no dominantes iežus sauc par olivīna piroksēna amfibolītiem vai



6. attēls. Vienkāršota IUGS vulkānisko iežu klasifikācijas shēma

olivīna amfibolu piroksenītiem; ja olivīna saturs ir mazāks par 5%, to no ieža nosaukuma izslēdz.

Vulkāniskie (efuzīvie) ieži tiek klasificēti līdzīgi plutoniskajiem (intruzīvajiem) iežiem, un akcentēts tiek ar SiO_2 bagātu minerālu daudzums (sk. 6. attēlu). Tomēr tiem ir ļoti atšķirīgi nosaukumi, un tos vieglāk apgūt, salīdzinot ar plutonisko iežu nosaukumiem (sk. 9. tabulu).

9. tabula. Intruzīvo un efuzīvo iežu raksturīgi nosaukumi

Intruzīvie ieži	Efuzīvie ieži
Granīts	Riolīts
Granodiorīts	Dacīts
Tonalīts	Kvarca andezīts
Sienīts	Trahīts
Monconīts	Latīts
Diorīts	Andezīts
Gabro	Bazalts

Citas vulkānisko iežu varietātes ir ļoti reti sastopamas. Vulkanisko iežu detalizētāka klasifikācija tiek veikta, par pamatu ņemot proporcijas starp SiO_2 un $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$, un tā ļauj izdalīt vairākus desmitus varietāšu (izplatītākā ir LeMaire diagrammas grafiskā analīze).

3.4.6. Magmatisko iežu makroskopiska klasifikācija

Lauka (makroskopiska) klasifikācija ir vienkāršota, lai sniegtu at-rasto iežu paraugu sākotnējā sastāva novērtējumu. Tā balstās uz trim pamata pazīmju grupām – minerālu sastāva, graudu lieluma (struktū-ras) un ieža krāsas. Šādi ir iespējams pārskatāmi sagrupēt raksturīgā-kos magmatiskos iežus (sk. 10. tabulu), un turpmāk ir nepieciešama to nosaukumu detalizācija.

Šāda klasifikācija ir ļoti vienkāršota, un, lai to izmantotu, jāprot noteikt tikai 15–20 minerālu, bet arī tās detalizācija ir ļoti zema un ļauj nošķirt tikai 11 iežu. Turpmākai detalizācijai ir jānosaka iežu vei-došanās apstākļi un lielāks minerālu skaits, kā arī nepieciešams zināt atsevišķu iežu īpašības, kas izklāstītas nākamajā nodaļā.

10. tabula. Magmatisko iežu grupēšana pēc to makroskopiskām pazīmēm

	Felsiski (gaišā krāsā)	Pārejas	Bāziski (tumšā krāsā)	Ultrabāziski
Graudaini, pilnkristāliski	Granīts	Diorīts	Gabro	Peridotīts
Sīkgraudaini, slēptkristāliski	Riolīts	Andezīts	Bazalts	Komatīti (makrosko- piski nav atšķirami no bazalta)
Poraini	Pumeki		Skorija	
Stiklveida	Obsidiāns			
	Raksturīgi minerāli			
	Kvarcs, kālija laukšpati, nātrijs plagioklāzi	Nātrijs un kalcijs plagioklāzi, amfiboli	Kalcijs plagioklāzi, piroksēni	Piroksēni Olivīns

3.5. | Svarīgāko magmatisko iežu raksturojums

Pēc ķīmiskās magmatisko iežu klasifikācijas nepieciešams noteikt, no kādiem minerāliem tie sastāv un kādas ir šo minerālu daudzuma attiecības. Klasifikācijas priekšrocības: šādam mērķim ir nepieciešams noteikt tikai dažus svarīgākos minerālus – saliskos kālija un nātrija laukšpatus, plagioklāzus, kvarcu, nefelīnu, sava nozīme ir arī olivīnam, piroksēniem, ragmāņiem un vizlām. Atkarībā no galveno minerālu satura visus magmatiskos iežus nosacīti var iedalīt astoņās lielās grupās, kuru nosaukumi ir veidoti pēc šo grupu izplatītāko intruzīvo un efuzīvo iežu nosaukumiem:

- ✓ peridotītu grupa (pēc SiO_2 satura atbilst ultrabāziskiem iežiem);
- ✓ gabro – bazaltu grupa (atbilst bāziskiem iežiem);
- ✓ diorītu – andezītu grupa (atbilst vidēji skābiem iežiem);
- ✓ sienītu – trahītu grupa (atbilst vidēji skābiem iežiem);
- ✓ granītu – nolītu grupa (atbilst skābiem iežiem);
- ✓ nefelīnsienītu grupa (atbilst sārmainiem iežiem);
- ✓ sārmaino gabroīdu un sārmaino bazaltoīdu grupa (atbilst sārmainiem iežiem);
- ✓ nesilikātu magmatisko iežu grupa.

Pēdējo divu grupu ieži ir ļoti reti sastopami, tāpēc šie ieži turpmāk netiks apskatīti.

3.5.1. | Peridotītu grupa

Salīdzinājumā ar citiem magmatiskajiem iežiem peridotītu grupas ieži ir maz izplatīti, taču ar tiem ir saistīta ļoti vērtīgu derīgo izrakteņu atradņu veidošanās. Gandrīz vienmēr tie ir intruzīvie ieži, bet efuzīvie un dzīslu ieži sastopami ļoti reti. Visiem šiem iežiem raksturīga ļoti tumša krāsa un liels blīvums, pēc kā tos viegli var nošķirt no bāziskiem magmatiskiem iežiem.

Peridotīti ir intruzīvi ieži, un tas ir visizplatītākais ultrabāzisko iežu tips. Peridotītu krāsa ir ļoti tumša un izteikti melna, struktūra – parasti vidēji graudama. Ieža sastāvā aptuveni vienādās daļās ir piroksēni un olivīns, olivīns nereti ir sastopams atsevišķu graudiņu veidā, melno piroksēnu kristāliem peridotītā ir raksturīgs intensīvs stiklains spīdums.

Dunīti ir intruzīvi ieži melnā krāsā ar dzeltenzaļu nokrāsu, dažreiz dēdēšanas procesos no dzelzs oksīdiem tiem veidojas raksturīga brūna, cieta garoza. Dunītu struktūra ir vienmērīgi smalkgraudaina vai ar vidēji lieliem graudiem. To sastāvā ir 85–100% olivīna un ļoti nedaudz piroksēnu. No peridotītiem atšķiras ar to, ka nesatur spīdīgos piroksēnu kristālus, bet piroksēni ir izvietoti masā kā sīkgraudaini piemaisījumi.

Piroksenīti ir intruzīvi ieži melnā krāsā, oksidējoties (dēdējot) uz to virsmas var rasties zaļganpelēks uzsūbējums. Piroksenītu struktūrā ir vidēji lieli, dažreiz rupji graudi, masīva vai taksīta tekstūra. Tas praktiski ir monominerāls piroksēnu iezis.

Kimberlīti ir zaļganpelēki vai zilpelēki dzīslu ieži, kas sastāv no sacementētām peridotīta, dunīta vai piroksenīta šķembām un drumslām. Tie ir vienīgie ieži, kas veido dimantu pamatatradnes.

3.5.2. Gabro – bazaltu grupa

Šīs grupas intruzīvie ieži ir salīdzinoši reti sastopami, bet efuzīvo bazaltu izplatība ir plašāka nekā jebkuriem citiem magmatiskajiem iežiem. Salīdzinoši izplatīti ir arī hipabisālie un dzīslu gabro – bazaltu grupas ieži. To sastāvā ietilpst galvenokārt bāziskie plagioklāzi un piroksēni.

Gabro ir intruzīvi ieži – tumši pelēki, gandrīz melni. Dēdējot un veidojoties sekundārajiem minerāliem, tie iegūst gaišpelēku vai zaļganpelēku krāsu. Gabro iežiem piemīt pilnkristāliska, rupjgraudaina vai vidēji lielu graudu, bieži ofītiska struktūra. To tekstūra ir masīva vai joslaina, to sastāvā aptuveni vienādās daļās ir labradors un piroksēni. Gabro iežu raksturīgākās pazīmes ir tekstūra, krāsa, plagioklāza kristāliem ir laba skaldnība.

Anortozīti ir intruzīvi pelēki vai melni ieži, to struktūra parasti ir rupjgraudaina, nereti lielgraudaina. Anortozītu tekstūra ir masīva, tie ir gandrīz monominerāli bāzisko plagioklāzu ieži. Ja no plagioklāziem dominējošais minerāls ir labradors, tad šos iežus sauc par labradorītiem. Anortozītiem kopumā ir raksturīgi lieli plagioklāzu kristāli ar labi izteiktām skaldnības pazīmēm, zila irizācija uz labradora kristālu skaldnēm.

Dolerīti ir melni hipabisāli un dzīslu ieži, kuru sastāvs ir līdzīgs gabro un no tiem atšķiras ar ļoti smalkgraudainu struktūru.

Diabāzi ir dolerīti zaļganpelēkā vai gaiši pelēkā krāsā, to struktūra ir smalkgraudaina, ofītiska, retāk porfīriska. Diabāzu ieslēgumos visbiežāk sastopami piroksēni vai plagioklāzs. Dēdējot vai citādi sekundāri mainoties minerālu sastāvam, diabāzu zaļā nokrāsa pastiprinās.

Bazalti ir melni efuzīvie ieži, tiem ir slēptkristāliska vai smalkgraudaina struktūra, masīva vai lielporaina, arī mandeļakmens tekstūra. Bazalti ir izplatītākais efuzīvais iezis Zemes garozā, tiem raksturīga prizmatiska atskaldnība.

Bazaltporfirīti ir vulkāniskās lavas, kuru sastāvs ir līdzīgs bazaltu sastāvam, bet to krāsa ir pelēka vai tumšpelēka, ar labi redzamu zaļganu nokrāsu. Bazaltporfirītu struktūra ir porfīriska, tekstūra – masīva vai poraina.

Spilīti ir efuzīvi ieži, kas veidojas, bazaltiskai lavai izplūstot zemūdens vulkānu izvirdumos. Spilītu krāsa ir raksturīgi zaļganpelēka, struktūra – slēptkristāliska. Spilītu tekstūra ir poraina vai mandeļakmens, bieži vērojama lodveida atskaldnība.

Bazalti un bazaltporfirīti ir izplatīti lavas segu vai straumju veidā, šīm formām raksturīgi lieli izmēri horizontālā virzienā un spilgti izteikta stabveida atskaldnība. Šie ieži bieži veido īpatnējas magmatisko iežu ieguluma formas – trapus, kuros silli, kārtodamies starp apkārtējo iežu slāņiem, veido ar dolerītu un diabāzu daikām šķērsvirzienā sašķeltas slāņkopas. Sibīrijā trapi aizņem vairāk nekā 1,5 miljonus kvadrātkilometru lielu platību un sasniedz līdz 2000–3000 metru kopējā biezuma. Atsevišķu sillu klājumu biezums mainās no 1–2 metriem līdz 15–20 un pat 40 metriem. Lielākie trapu lauki pasaulē zināmi ASV un Indijā.

3.5.3.

Diorītu – andezītu grupa

Šīs grupas intruzīvie ieži veido tikai 2%, bet to efuzīvie analogi ir daudz plašāk izplatīti un aizņem 23% no visas magmatisko iežu masas. Diorītu – andezītu grupas iežu galvenie kardinālie minerāli ir vidējie plagioklāzi un ragmāņi, no pārējiem biežāk sastopamie minerāli ir piksēni, biotīts, dažreiz apatīts un magnetīts.

Diorīti ir intruzīvi pelēki ieži ar vienmērīgu vidēji graudainu vai smalkgraudainu struktūru un masīvu vai taksīta tekstūru. Diorītu sastāvā vienmēr dominē plagioklāzs, mazākā daudzumā ir arī ragmāņi,

dažreiz – piroksēni vai biotīts, kuri labi izdalās uz gaišāko plagioklāza kristālu fona. Diorītiem ir raksturīgi raibi pelēka krāsa, liels tumšo femisko minerālu saturs (25–35%) un ļoti neliels kvarca daudzums, vai arī šis minerāls ir sastopams tikai ļoti retu atsevišķu graudiņu veidā. Svarīgs diorītu paveids ir *mikrodiorīti* – tie ir diorīta sastāva dzīslu ieži, kam raksturīga sīkgraudaina mikrostruktūra un iezalģana nokrāsa.

Kvarcdiorīti ir intruzīvie ieži pelēkā, dažreiz viegli iezilganā krāsā, tie parasti ir daudz gaišāki par diorītiem. Kvarcdiorītu struktūra ir smalkgraudaina, vai tie ir vidēji lieli graudi, tekstūra – masīva vai tak-sīta. No diorītiem atšķiras ar samērā lielu kvarca daudzumu (parasti līdz 20%) un daudz mazāku tumškrāsaino minerālu saturu.

Andezīti ir pelēki, tumšpelēki vai dzeltenpelēki diorīta magmas efuzīvie ieži, kuriem piemīt tipiska porfīriskā struktūra, to tekstūra ir masīva vai poraina (nereti arī fluidāla). Andezītiem raksturīgi, ka to porfīriskajos ieslēgumos ir plagioklāzs, ragmāņi, piroksēni un biotīts. Salīdzinoši plaši ir izplatīts andezītu paveids – *andezītporfīriti*. To krāsa ir zaļganpelēka, struktūra porfīriskā, tekstūra – masīva, poraina, nereti mandeļakmens. Atšķirībā no andezītiem andezītporfīru laukšpata porfīrisko ieslēgumu krāsa ir balta vai dzeltenīga, laukšpata kristāli labi izdalās uz tumšākā zaļganpelēkā fona.

3.5.4. | Sienītu – trahītu grupa

Sienītu – trahītu grupu veido efuzīvi ieži. Šāda sastāva intruzīvie ieži ir ļoti reti. Kopumā šiem iežiem raksturīgs augsts kālija un nātrija laukšpatu saturs, un tiem gandrīz nemaz nav kvarca.

Sienīti ir intruzīvi ieži visdažādākajos sārtas krāsas toņos (no ļoti gaiši sārtas līdz pelēki sārtai vai pat tumši brūni sarkanai). Iežu struktūra ir vienmērīga, vidēji vai rupji graudaina, retāk smalkgraudaina vai porfīrveida, tekstūra visbiežāk – masīva. Sienītu līdz 70% veido tikai trīs minerāli (ortoklāzs, vidējie plagioklāzi un zaļš vai zaļganmelnis ragmānis), dažreiz var būt arī biotīts un piroksēni. Pazīstami vairāki sienīta paveidi, no kuriem plašāk izplatīti ir mikrosienīti, kas ir sienītu magmas dzīslu ieži un no sienītiem atšķiras ar ļoti smalkgraudainu struktūru.

Trahīti ir efuzīvi sienīta sastāva magmas ieži pelēkā, gaiši pelēkā vai iesārtā krāsā. To struktūra ir porfīriskā, daudz retāk – slēptkristāliska,

tekstūra visbiežāk ir masīva, fluidāla, poraina vai mandeļakmens. Trahīta ieslēgumos visbiežāk sastopami caurspīdīgi vai bezkrāsaini laukšpatu kristāli, retāk arī biotīts, ragmāņi vai piroksēni. Raksturīga atšķirības pazīme ir negluda vai pat asa virsma.

Trahītoporfīri (sinonīms – ortofīri) ir pelēkas vulkāniskas lavas, to struktūra ir porfīriskā, bet raksturīga atšķirības pazīme ir laukšpata graudi, kas ir kaolinizēti, gaiši, necaurspīdīgi. Trahītoporfīru tekstūra visbiežāk ir masīva, daudz retāk – mandeļakmens vai poraina.

3.5.5. Granītu – riolītu grupa

Granītu – riolītu grupā ietilpst visizplatītākie magmatiskie ieži, kas aizņem aptuveni 60% no teritorijas, kurā magmatiskie ieži atsedzas Zemes virspusē. Atšķirībā no bāziskajiem un vidēja sastāva iežiem šajā grupā galvenokārt ir intruzīvie veidojumi. Šie ieži vienmēr satur daudz kvarca, bet salīdzinoši maz – tumši krāsoto femisko minerālu. Tāpēc šie ieži ir gaišas krāsas, arī to blīvums ir relatīvi neliels.

Granīti ir intruzīvie ieži sārtā, sārti pelēkā vai sarkanā, daudz retāk – gaiši pelēkā krāsā. Struktūra ir pilnkristāliska – no smalkgraudainas līdz rupjgraudainai, dažreiz porfīrveida. Granītiem raksturīga masīva, var būt arī direktīva vai pat taksīta tekstūra. Granītos dominē kālija un nātrija laukšpatī, seko kvarcs, daudz mazākā daudzumā ir plagioklāzi un biotīts, reti – ragmāņi. Granītos kvarcs ir bezkrāsains vai iepelēks, puscaurspīdīgs un šīs grupas iežos no dažreiz līdzīgajiem plagioklāzu graudiem atšķiras ar skaldnības trūkumu un taukainu spīdumu. Īpašs granīta paveids ir *mikrogranīti* – tie ir sārti dzīslu ieži, no granītiem atšķiras tikai ar sīkgraudainu vai ļoti smalkgraudainu struktūru, tiem ir raksturīga masīva vai taksīta tekstūra.

Plagiogranīti ir gaišpelēki intruzīvie ieži, kuru sastāvā nav kālija un nātrija laukšpatu, no laukšpatiem sastopami tikai oligoklāzi. Biežāk nekā granītos ir dažādas nokrāsas ragmāņi.

Granodiorīti ir pelēki vai iesārti pelēki intruzīvie ieži, kuros plagioklāzi (45–50%) dominē pār kālija un nātrija laukšpatiem (20–25%). Salīdzinājumā ar granītiem daudz vairāk ir ragmāņu un biotīta (15–20%). Granodiorītu struktūra parasti ir vidēji lieli graudi, tekstūra ir masīva vai taksīta.

Aplīti ir ļoti gaiši, gandrīz balti dzīslu ieži ar sārtu nokrāsu. To struktūra ir vienmērīgi smalkgraudaina vai sīkgraudaina, tekstūra –

masīva. Aplītu sastāvā dominē kvarcs un laukšpati, gandrīz nemaz nav tumšas krāsas femisku minerālu.

Pegmatīti ir nevienmērīgi lielgraudainas struktūras hipabisāli vai dzīslu ieži, tajos minerālu kristālu izmēri nereti sasniedz pat vairākus desmitus centimetru. Sastāva ziņā pegmatīti aptuveni atbilst granītiem, bet var saturēt arī daudz Be, Ta, Li, Cs, Nb un citu reto elementu minerālus, muskovītu, turmalīnu, topāzu, fluorītu un citus.

Riolīti (sinonīms – liparīti) ir granīta sastāva vulkāniskās lavas balta, iepelēkā, iedzeltenā, dažreiz bāli sārtā krāsā. Riolītu struktūra ir slēptkristāliska, porfīriska, tekstūra – fluidāla vai masīva. Porfīriskajos ieslēgumos – bezkrāsas caurspīdīgu laukšpatu un kvarca kristāli, retāk biotīts. Kā atsevišķu masīvas tekstūras paveidu nereti izšķir riolītporfīrus (sinonīms – kvarcporfīri), to struktūra ir porfīriska, ieslēgumos gaišas krāsas necaurspīdīgi laukšpati, kvarcs.

Dacīti un dacītporfīri ir plagiogranītu sastāva lavas gaiši pelēkā krāsā. Atšķirībā no nolītiem un riolītporfīriem tie nesatur kālija un nātrija laukšpatu porfīriskos ieslēgumus.

Obsidiāni (sinonīms – vulkāniskie stikli) ir skāba sastāva stiklainas struktūras vulkāniskās lavas melnā vai gandrīz melnā, iezālganā, brūnganā krāsā ar raksturīgu gliemežnīcas laužumu un blīvu tekstūru. Zināmi vairāki obsidiāna paveidi, pazīstamākie ir pērīti (tumšpelēki obsidiāni ar tipisku čaulveida atskaldnību), pehšteini (ūdeni saturoši melni obsidiāni ar raksturīgu sveķainu spīdumu) un pemzas (baltas, gaišpelēkas vai iesārtas, izteikti porainas vieglas lavas).

3.5.6. Nefelīnsienītu – fonolītu grupa

Grupā ietilpst maz izplatīti, galvenokārt intruzīvie ieži, kuri visbiežāk sastopami kopā ar peridotītu iežiem. Nefelīnsienītu – fonolītu grupas ieži satur ļoti daudz nefelīna. Raksturīgākie grupas intruzīvie ieži ir *nefelīnsienīti* – tie ir pelēki vai gaišpelēki, bieži ar zaļganu, brūnganu vai sārtu nokrāsu. Iežu struktūrai raksturīgi vidēji lieli vai rupji graudi, tekstūra – masīva, dažreiz direktīva. Iežu sastāvā dominē kālija un nātrija laukšpati, albīts, nefelīns un tumšie minerāli. Šīs grupas iežiem raksturīga zaļgani vai brūngani pelēka krāsa un taukainais spīdums, ko piešķir nefelīna kristāli.

3.6. | **Magmatisko iežu makroskopiska noteikšana**

Lauka (makroskopiska) klasifikācija ir vienkāršota, lai sniegtu at-rasto iežu paraugu sākotnējā sastāva novērtējumu. Tā balstās uz trim pamatpazīmēm – minerālu sastāvu, graudu lielumu (struktūru) un ieža krāsu.

Lai noteiktu magmatiskos iežus lauka apstākļos, ir nepieciešams tikko noskaidrots ieža paraugs. Tam ir jābūt raksturīgam, tas ir, lai iegūtu šādu paraudziņu, nevajag izvēlēties kādu īpašu minerālu sa-kopojumu vai kāda lielāka atsevišķa minerāla kristāla apkārtni. Tā mēs iegūsim tikai šo ieža neraksturīgās daļas fragmentu un kļūdaini mēģināsim pēc tā spriest par visu iezi. Labāk atstāsim šādu gabaliņu minerālu noteikšanai, nevis paša ieža nosaukuma veidošanai. Atskal-dot ir jāuzmanās, jo skaldot nereti veidojas šķembas un tās var trau-mēt ne tikai pašu pētnieku, bet arī apkārtējos. Tas jādara uzmanīgi, un ir jāievēro noteiktas darba drošības prasības.

Atskaldītajam paraudziņam ir jābūt vismaz dažus kvadrātcenti-metrus lielam, citādi droši noteikt minerālu graudu izvietojumu ne-būs viegli. Arī apgaismojumam ir jābūt pietiekamam. Jau iepriekš jā-sagatavo palielināmais stikls vai lupa, kā arī citi instrumenti minerālu noteikšanai un piezīmju grāmatiņa novērojumu pierakstīšanai.

3.6.1. | **Darba gaita**

Iežus noteikt ir ērtāk, ja darba gaitu sadala vairākos secīgos pos-mos jeb soļos.

Pirmajā solī nosaka ieža tekstūru un struktūru. Noteikšanu veic pēc 3.5. nodaļā sniegtā apraksta, salīdzinot ar 7. attēlā norādītajām raksturīgajām struktūrām.

Uzmanība jāpievērš blakus pazīmēm, kas ļautu jau šajā solī noda-līt iežus, kas ir mākslīgi veidoti (ķieģeļi, dažādu betona izstrādājumu gabali, keramikas lauskas un tamlīdzīgi), un turpmāk tos neanalizēt. Šādu lausku un gabalu, īpaši oļu un grants frakcijās, Latvijas upēs un jūras piekrastē ir ļoti daudz, tie piesaista uzmanību un nereti tiek paņemti, lai diagnosticētu to sastāvu.

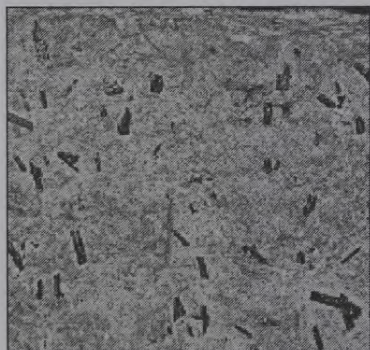
Otrajā solī pēc tekstūras un struktūras rakstura nosaka ieža veidošanās apstākļus (ģenētisko tipu). Ja ieža struktūra ir



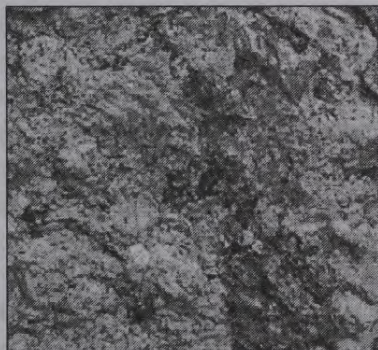
*Pilnkristāliska
(granulāra jeb fanerītiska)*



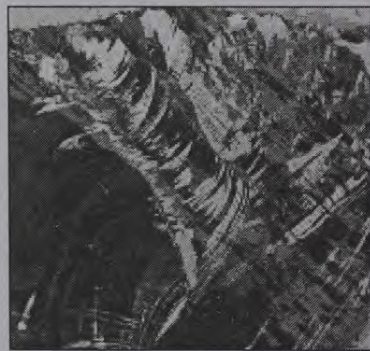
Slēptkristāliska jeb afanīska



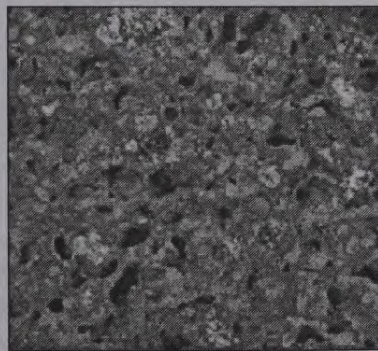
*Porfīriska
(andezīts ar ragmāņa fenoklastiem)*



Pegmatiska



Stiklaina



Vesikulāra (amigdoidāla jeb poraina)

7. attēls. Raksturīgas magmatisko iežu struktūras

pilnkristāliski graudaina, kristāli ir izvietoti vienmērīgi un to lielums ļauj droši noteikt atsevišķus minerālus – tie ir dziļumieži (abisālie ieži). Ja tiek konstatēta porfīrveida, pegmatiska vai grafiska struktūra – tie ir veidojušies vidējā dziļumā, arī plaisās (hipabisālie ieži). Ja iezim ir stiklaina, porfīriska, sīkkristāliska vai slēptkristāliska struktūra – tie ir izlijumieži (efuzīvie ieži). Ir daži izņēmumi, un tie attiecas galvenokārt uz hipabisālajiem iežiem. Dažiem no tiem var būt vienmērīgi kristāliski graudaina struktūra ar akcesorminerāliem, šajā grupā ietilpst arī ļoti dažādie dzīslu ieži. Jābūt ļoti uzmanīgiem, arī nosakot porfīrveida un porfīriskas struktūras, kas mazākos paraudzījumos nav viegli atpazīstamas un nošķiramas.

Trešajā solī ir jānovērtē ieža krāsa. Tas nav drošākais rādītājs, jo ir ļoti subjektīvs un atkarīgs no apgaismojuma, arī ieža dēdēšanas pakāpes un citiem apstākļiem. Tomēr tas ir ļoti svarīgs rādītājs, kas palīdzēs labāk sagatavoties nākamajam solim. Magmatiskajiem iežiem krāsu nosaka, vizuāli novērtējot salīdzinājumā ar baltu papīra lapu (krāsas indekss $CI = 0$) un melnu zīmuli, kompasa korpusu vai āmuru ($CI = 100$). Šāds krāsu indekss ļauj viegli nošķirt ar silīciju bagātus (skābos) intruzīvos dziļumiežus, kuros tumšo mafisko minerālu ir 0–15% ($CI = 0-15$), bet dominē gaiši kvarca un laukšpata graudi. Vidēja sastāva ieži ir tumšāki, jo satur 16–45% mafisko minerālu, kas nosaka krāsu indeksu $CI = 16-45$. Šajos iežos dominē plagioklāzi vai kālija laukšpati. Bāziskos iežos mafisko minerālu daudzums ir 46–85% ($CI = 46-85$), tie ir tumšos pelēkos toņos, kurus nosaka piroksēnu un plagioklāzu nokrāsa. Ultrabāziskie ieži satur 86–100% mafisko minerālu ($CI = 86-100$) un ir ļoti tumši vai pat melni (dominē piroksēni un olivīns).

Šajā pētījumu posmā ir ļoti uzmanīgi jāvērtē CI vērtības virs 50, jo olivīnam var būt ļoti dažādas nokrāsas, tāpēc nākamajā solī tam jāpievērš īpaša uzmanība. Otrs svarīga piezīme attiecas uz izņēmumu – obsidiānu (vulkānisko stiklu). Tā krāsas indekss ļoti bieži ir virs 80, kas norāda, ka tas ir bāzisks vai ultrabāzisks iezis, lai arī faktiski pat ķīmiskās analīzes uzrāda, ka dzelzs un magnija savienojumu tajā nav vairāk kā 15%. Dabā ir arī feromagneziāli obsidiāni, bet tie ir ļoti, ļoti reti atradumi.

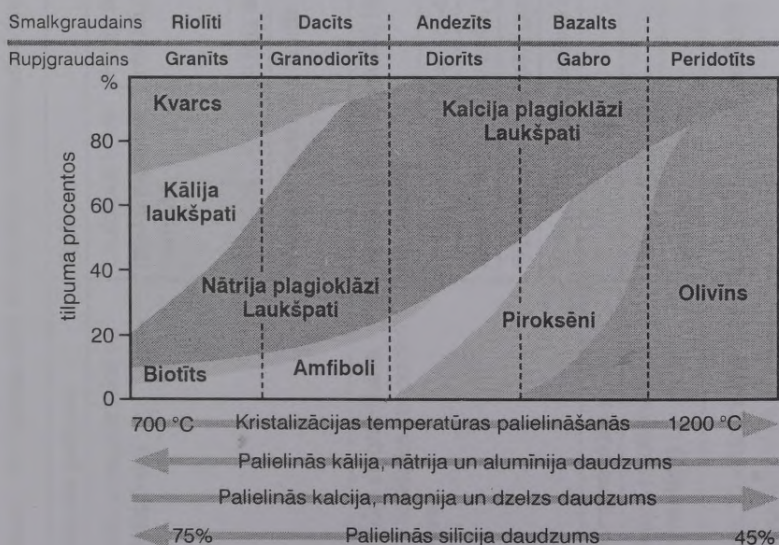
Ceturtajā solī ir jānosaka iezi veidojošie minerāli. Parasti visvieglāk izdodas noteikt dziļumiežu un vidēja dziļuma iežu minerālus – tie ir

labi izteikti, un to dažādība ir neliela. Svarīgi ir noteikt arī galveno minerālu aptuvenās proporcijas. Šajā posmā jāizvairās no retāk sastopamu un akcesorminerālu noteikšanas, kas var būt ļoti interesanti, tomēr nesniegs atbildi par ieža nosaukumu. Sākumā jānoskaidro, vai iezī ir kvarcs un laukšpati. Ja ir konstatēti laukšpati, tad tie jānosaka precīzāk pēc to sastāva – vai tie ir kālija un nātrija laukšpati (ortoklāzs) vai kalcija un nātrija laukšpati (plagioklāzi).

Ja iezī nav konstatējams kvarcs, tad ir jāmēģina atrast olivīnu. Tomēr jāatceras, ka iezos šie abi minerāli vienlaikus nav sastopami. Tumšas krāsas iezos noteikti ir jānosaka atsevišķi piroksēni un amfiboli, kā arī aptuvenais kvarca vai olivīna daudzums un jāmēģina novērtēt to savstarpējās proporcijas.

Pēc svarīgāko minerālu noteikšanas un to proporciju novērtēšanas iegūtos datus salīdzina ar 8. attēlā norādītajiem un aptuveni nosaka ieža nosaukumu.

Piektais solis ir ieža nosaukuma precizēšana. Šajā darba posmā nepieciešams veikt iepriekšējo soļos paveiktā atkārtotu pārbaudi, jānosaka citi iezī veidojošie minerāli un jāsalīdzina iegūtais ieža nosaukums ar tā aprakstu. Lietderīgi ir apskatīt dažādās magmatisko



8. attēls. Iežu raksturīgie minerāli

iežu klasifikācijas shēmas un iežu pazīmes, kas ļauj iegūt papildu norādes uz iespējami pareizāku ieža nosaukuma izvēli. Ja tiek konstatētas būtiskas atšķirības vai neprecizitātes, tad pētījums ir jāatkārto ar to pašu paraudziņu vai jāatskalda papildus.

Tomēr jāņem vērā, ka makroskopiski nav iespējams precīzi noteikt ieža nosaukumu, tas būs aptuvens jeb orientējošs, un turpmākā ieža parauga pētīšana ir veicama laboratorijas apstākļos.

3.6.2.

Vienkāršota analīzes shēma

Iepriekš apskatītā darba gaita var tikt atspoguļota ļoti vienkāršotā shēmā (sk. 11. attēlu), jo pēc tās var izdalīt tikai aptuveni 10 magmatisko iežu tipus. Tomēr tā var lieti noderēt, lai pārbaudītu iegūtos rezultātus.

11. tabula. Vienkāršota iežu noteikšanas shēma pašpārbaudei

Struktūras pazīmes	Pazīmes			Ieža nosaukums
Struktūra pegmatiska vai plīnkristāliska	Laukšpati ir vairāk kā mafiskie minerāli	Kālija laukšpats ir vairāk kā plagioklāzs		Granīts
		Kvarca nav		Sienīts
		Kālija laukšpats ir mazāk kā plagioklāzs		Diorīts
	Mafiskie minerāli ir vairāk kā laukšpati		CI = 45–85	Gabro
			CI = 85–100	Peridotīts
Struktūra sīkgraudaina, slēptkristāliska vai poraina tekstūra	Ar silīciju bagāti (skābi) ieži, CI = 0–15, var būt sārti, balti, gaiši brūni vai pelēki			Riolīts
	Vidēja sastāva, CI = 15–45, var būt zaļgani vai pelēki			Andezīts
	Bāzisks iezis, CI = ≥ 45 , ir tumši pelēks, melns			Bazalts
	Bāzisks iezis ar izteikti porainu tekstūru			Skorija
	Vidēja vai skāba sastāva iezis, poraina vai joslu tekstūra, viegls			Pumeks (pemza)
Stiklaina struktūra				Obsidiāns
Struktūra piroklastiska (fragmentēta)	Graudī ≤ 2 mm			Vulkāniskais tufs
	Graudī ≥ 2 mm			Vulkāniskā brekčija

Piezīme. Piroklastiskas struktūras iežus labāk analizēt pēc nogulumiežu noteikšanas shēmas, jo tiem šie ieži veidošanās apstākļu ziņā ir tuvāki.

4

Nogulumieži

Nogulumieži veidojas Zemes virsū vai tās tuvumā, uzkrājoties citu iežu (arī citu nogulumiežu) noārdīšanās produktiem. Pareizāk būtu teikt, ka visi nogulumieži veidojas dēdēšanas procesā – daļa kā pārveidotas drupas un atlūzas, daļa – šķīstošiem dēdēšanas produktiem izgulsnējoties. Ir divi izņēmumi – tie ir vulkānisko pelnu un bioloģiskās darbības ietekmē veidojušies nogulumieži. Nogulumieži kopumā ir veidoti no minerāliem, kas var atrasties tādos temperatūras, spiediena un ķīmiskās vides apstākļos, kas raksturīgi augšējai Zemes garozas daļai, citos apstākļos tie pārveidojas jeb metamorfizējas. Lai arī no kopējā Zemes garozas apjoma nogulumieži aizņem tikai nepilnus 3%, Zemes virspusē tie ir izplatītākie un visbiežāk sastopami.

4.1. Nogulumiežu veidošanās

Nogulumiežu veidošanās procesā parasti izdala četras galvenās stadijas: dēdēšanas, nogulu (sedimentu) veidošanās, diagēnēzes un kataģenēzes stadijas.

Dēdēšana ir iežu un minerālu fiziska un ķīmiska sadrupšana, noārdīšanās, rodoties materiāliem, no kuriem vēlāk veidojas nogulumieži. Ja dēdēšana notiek kā mehānisks process (fiziskā dēdēšana), iežiem sasmalcinoties, tad rodas drupu jeb klastiskais (no sengrieķu *klastikos* – sadalīts) materiāls, kas sastāv no tiem pašiem minerāliem, no kuriem dēdējošie ieži. Sastāvs mainās, ja blakus fiziskajai dēdēšanai nozīmīga ietekme ir arī ķīmiskajai dēdēšanai. Ķīmiskās sadēdēšanas laikā notiek iežu un minerālu šķīšana, oksidēšanās un reducēšanās, karbonatizācija, hidratācija, hidrolīze un jaunu minerālu veidošanās, kuri ir noturīgi konkrētos vides apstākļos. Bioķīmiskajā dēdēšanā aktīvi piedalās augi, dzīvie organismi (īpaši baktērijas). Dēdēšana

notiek ne tikai uz sauszemes, bet arī ūdens baseinos, piemēram, jūras ūdens sāļuma, temperatūras un spiediena ietekmē minerāli un ieži sair. Līdzīgi dēdēšanai ir pakļauti minerāli un ieži pazemes ūdens iedarbības ietekmē.

Minerālu pretestība dēdēšanai ir ļoti atšķirīga. Visnoturīgākais ir kvarcs, mazāk noturīgi ir silikāti: mikroklīns, plagioklāzi, muskovīts, vēl mazāk noturīgi – biotīts, amfiboli, piroksēni, olivīns. Arī oksīdi – špineli, rutils, anatāzs, korunds un citi – ir ļoti noturīgi. Turpretī sulfīdi dēdēšanas zonā ir nestabili, tie viegli sadalās, tādējādi veidojas ļoti daudz sekundāru minerālu, kas ir stabili šajos Zemes virsas apstākļos.

Sedimentu (no latīņu *sedimentum* – nogulsnes) veidošanās stadijā notiek dēdēšanas produktu pārvietošanās ūdens, vēja, ledus vai citu spēku ietekmē uz citiem rajoniem un pārvietotā materiāla uzkrāšanās (sedimentācija) vietās, kurās kustība vai spēku ietekme tiek pārtraukta. Izveidojas nogulas – dēdēšanas produktu sākotnējie sakopojumi, kas turpmākajās nogulumiežu veidošanās stadijās pārvēršas par iežiem. Sedimentiem pārvietojoties, notiek materiāla mehāniskā un ķīmiskā diferenciācija jeb sadalīšanās pēc graudiņu blīvuma, sastāvdaļu izmēriem, formas, daļēji arī ķīmiskā sastāva, tādējādi uzkrājas jau salīdzinoši šķirots sedimentācijas materiāls.

Apstākļos, kuros nokrišņu daudzums pārsniedz iztvaikošanu, dēdēšanas produktu pārvietošanā galvenā nozīme ir ūdenim (upēm, straumiem, straumēm, viļņiem), kas drupu materiālu šķiro – smalkākās daļas aiznes tālāk, bet rupjākās sāk uzkrāties pat tad, ja ūdens tecēšanas vai kustības ātrums ir samērā neliels. Jūrās un ezeros ūdens straumes parasti ienes tikai vissmalkākās daļiņas – smalkas smiltis, mālainās daļiņas un ūdenī izšķīdušos sāļus.

Arīdos silta klimata apstākļos dēdēšanas produktus pārvieto galvenokārt vējš. Tā pārvietojas tikai smalki drupu materiāli, un šādos apstākļos tie tiek salīdzinoši labi šķiroti. Veidojas labvēlīgi apstākļi ķīmiskajai sedimentācijai, un tās produkti uzkrājas ezeros un lagūnās sāļu veidā no ūdens šķīdumiem. Arktiskos apgabalos dēdēšanas produkti pārvietojas galvenokārt kopā ar kustīgo ledu. Šādi pārvietota materiāla sastāvā tikpat kā nav ūdenī viegli šķīstošo ķīmiskās dēdēšanas produktu, un tas pēc graudu izmēriem ir nešķirots.

Ķīmiskā dēdēšanas produktu un arī sedimentu diferenciācija notiek, savienojumiem izdaloties no šķīdumiem noteiktā secībā, kas

atbilst to šķīdībai ūdenī. Alumīnija, dzelzs, mangāna un silīcija oksīdi, kuru šķīdība ir zema, izsēžas pirmie, veidojot nogulas vēl sauszemes apstākļos vai jūru piekrastē. Tālāk tiek pārvietoti karbonāti, bet ļoti viegli šķīstošie sulfāti un hlorīdi izplatās tālu jūrās un okeānos.

Lielākā daļa dēdēšanas produktu uzkrājas ūdens baseinos dūņu vai nogulu (pusšķidrās konsistences ar ūdeni piesātinātas masas) veidā, kurām var būt mālains, smilšains, karbonātisks un citāds sastāvs. Salīdzinoši nelielā daudzumā nogulas uzkrājas sauszemes apstākļos, bet tikai reti tās ilgstoši saglabājas, jo tiek pakļautas dēdēšanas procesiem.

Diagēnēze ir nogulu pārveidošanās par iezī. Šī nogulumiežu veidošanās stadija sākas tūlīt pēc nogulu sedimentācijas. Nogulās, kuras tikko uzkrājušās baseina dibenā, ir drupu graudi, kā arī smalkas daļiņas, kas nogulsnējušās hemogēnu vai biogēnu procesu ietekmē. Nogulās ir arī gāzes, šķīdumi, organiskās vielas, kā arī dzīvi mikroorganismi. Diagēnēzes stadijā notiek nogulu noblīvēšanās, porainības samazināšanās, vienu minerālu šķīšana un citu minerālu veidošanās, kā arī dažādu savienojumu pārgrupēšanās. Sākoties diagēnēzes procesiem, nogulas parasti satur daudz skābekļa un ūdens, tāpēc notiek galvenokārt oksidācijas reakcijas, kurās rodas dzelzs un mangāna hidroksīdi, glaukonīts, fosfāti un citi minerāli. Vēlāk notiek organisko vielu (augu un dzīvnieku atlieku) sadalīšanās, un dūņās rodas sērūdeņradis, ogļskābā gāze, metāns, veidojas dzelzs sulfīdu un karbonātu minerāli. Šajā posmā dominē reducējoši apstākļi. Diagēnēzes procesi ir ļoti daudzveidīgi, tie ir atkarīgi no nogulu un ūdeņu sastāva, kā arī klimata. Diagēnēzes procesi sauszemes apstākļos nav saistīti ar lielām sastāva un struktūras maiņām, un daži nogulumieži, piemēram, smiltis, veidojas tieši nogulumu uzkrāšanās procesā.

Diagēnēzes stadijas nobeigumā nogulas litificējas – pārveidojas par iezī, bet sedimentācijas vidē turpina uzkrāties jauni nogulu slāņi, tāpēc iezis nonāk aizvien lielākā dziļumā.

Katagēnēzes stadija ir iežu turpmākās izmaiņas. Šajā stadijā notiek nogulumiežu sastāva un uzbūves izmaiņas, bet iežu galvenās iezīmes vairs nemainās. Piemēram, pazemes ūdeņu ietekmē ieži var zaudēt vieglāk šķīstošu minerālu graudus, porās var izgulsnēties jauni minerāli, var mainīties iežu blīvums un citas īpašības. Katagēnēze

notiek ārējo faktoru – galvenokārt spiediena un nogulumiežos cirkulējošo pazemes ūdeņu – ietekmē. Mūsdienās tiek uzskatīts, ka Zemes virsējā kārtā kataģenēzes procesi nebeidzas, samazinās tikai ķīmisko pārveides procesu ātrums un intensitāte

Patiesībā ar kataģenēzi nebeidzas iežu turpmākās pārvērtības, jo tiek izdalītas vēl divas stadijas. **Metaģenēzes** (metamorfiska) stadija izpaužas, iežiem nonākot ļoti lielā dziļumā (par robežu starp diaģenēzes un kataģenēzes stadijām uzskata 7–8 km dziļumu, kur temperatūra ir augstāka par 200–300 °C). **Hiperģenēzes** stadija ir vērsta tieši pretēji. Hiperģenēzes stadija apskata pārvērtības ar litificētiem iežiem, kas ir pakļauti iežu masīvu pakāpeniskai virzībai tuvāk Zemes virspusei, līdz ieži tur arī nonāk, un šeit tie atkal tiek pakļauti dažādām izmaiņām. Kopumā hiperģenēzes stadija aptver visas izmaiņas, kas notiek ar iežiem Zemes virspusē un tiešā tās tuvumā, kur uz tiem iedarbojas atmosfēras ūdeņi, gaiss un organismi. Dažkārt vārdu “hiperģenēze” lieto kā termina “dēdēšana” sinonīmu. Taču hiperģenēze ir plašāks jēdziens, un tā aptver ne tikai dēdējumgarozu veidošanos un izšķīdušā materiāla transportēšanu projām, bet arī dažādu savienojumu pārgulsnēšanu, iežus saistošā cementa veidošanos porainos iežos, plaisu aizpildīšanos ar dažādiem minerāliem.

Nogulas un ieži no jebkuras stadijas var pāriet hiperģenēzes stadijā. Jau tūlīt pēc uzkrāšanās nogulas vai arī pēc diaģenēzes stadijas jaunveidots iezis var nonākt Zemes virspusē – hiperģenēzes zonā, tā arī nenonākot kataģenētisko pārvērtību stadijā. Tādējādi pētnieku rīcībā ir ne tikai pilnīgi izveidojušies un litificēti nogulumieži, bet arī ieži, kuru veidošanās “nav pabeigta”. Tas noteikti jāņem vērā, patstāvīgi nosakot iežus un to īpašības, jo aprakstos un kolekciju paraugos gandrīz vienmēr ir skaidroti tikai raksturīgie un pilnīgi izveidojušies ieži.

4.2. | Nogulumiežu klasifikācija

Pašaulē ir zināmi vairāki simti visai atšķirīgu nogulumiežu klasifikācijas sistēmu, tomēr vairākums no tām izdala trīs lielas nogulumiežu grupas – drupu iežus, ķīmiskās un bioķīmiskās izcelsmes iežus.

Katras grupas iežus sīkāk klasificē pēc to uzbūves, sastāva, citām īpašībām un veidošanās apstākļiem, arī pēc ģeoloģiskā vecuma. Izplatītākā ir nogulumiežu klasifikācija pēc ģenēzes un sastāva.

4.2.1. | Nogulumiežu klasifikācija pēc ģenēzes

Nogulumiežus klasificējot pēc ģenēzes, visbiežāk izdala četras galvenās nogulumiežu grupas:

- ✓ drupieži (klastiskie, terigēnie nogulumieži): konglomerāti, gravelīti, smilšakmeņi, aleirolīti, māli;
- ✓ organogēnie jeb biogēnie (bioklastiskie) nogulumieži: karbonātieži, silicīti, fosfāti, kūdra, ogles, degslānekļi un citi;
- ✓ hemogēnie jeb ķīmiskie nogulumieži: karbonātieži, silicīti, fosfāti, nogulumu alumīnija rūdas, nogulumu dzelzsrūdas, nogulumu mangāna rūdas, evaporīti;
- ✓ vulkanogēnie nogulumieži: tufogēnie smilšakmeņi, aleirolīti, māli, arī smilšainie, aleirītiskie un mālainie tufi un citi.

Tomēr dabā lielākā daļa nogulumiežu ir poliģenētiski (ietilpst nosauktajās ģenētiskajās grupās). Tāpēc ērtāka ir klasifikācija pēc sastāva, vienīgi atsevišķās ģenētiskās grupās iedalot drupiežus un vulkanogēnos nogulumiežus, kuru sastāvs ir visai mainīgs.

Drupieži (klastiskie, terigēnie ieži) ir viena no trim galvenajām nogulumiežu ģenētiskajām grupām. Tie sastāv no mehāniski pārvietotām un nogulsnetām daļiņām. Drupu ieži veidojas no fiziskās dēdēšanas produktiem, kas uzkrājušies drupu materiāla veidā, tāpēc to sastāvs parasti ir tuvs, dažreiz pat pilnīgi atbilst cilmiežu sastāvam. Sīkāk drupu iežus klasificē pēc sastāvdaļu izmēriem, formas, minerālā sastāva un saistījuma pakāpes, izdalot irdenos un saistītos rupjos drupu iežus, smilšu iežus, aleirītu iežus un mālu iežus. Salīdzinoši reti mālu iežus izdala atsevišķā grupā to plašās izplatības dēļ (aizņem gandrīz pusi no visiem nogulumiežiem), kā arī tāpēc, ka šo iežu veidošanās procesā liela ietekme ir ķīmiskajai dēdēšanai.

Ķīmiskās izcelsmes (hemogēnie) ieži veidojas, sedimentācijas materiālam izgulsnējoties no šķīdumiem tieši ķīmiskos procesos. Pēc ķīmiskā sastāva tos iedala alumīnija, dzelzs, mangāna, silicītu (silīcija oksīdu), fosfātu, karbonātu, sulfātu un halogēnīdu iežos (evaporītos). Hemogēno iežu minerālu asociācijas veido galvenokārt sāļi, ezeru un lagūnu nogulumi, ģipsis, anhidrīts, halīts, silvīns, mirabilīts, bišofīts

un borāti. No tādiem pašiem īstiem šķīdumiem var izgulsnēties arī hemogēnais dolomīts, rodohrozīts, siderīts un citi karbonātu minerāli. Otrs hemogēno nogulumiežu tips veidojas no koloīdkīmiskiem nogulumiem – tie ir daudzi mālu minerāli, dažādi organiski savienojumi, arī silīcija, dzelzs, mangāna un fosfora savienojumi.

Bioķīmiskās izcelsmes (organogēnie jeb bioklastiskie) ieži veidojas, uzkrājoties nogulām augu un dzīvnieku darbības ietekmē, tas ir, sedimenti veidojas ar dzīvo organismu starpniecību. Kopā tos visbiežāk sauc par kaustobiolītiem (no sengrieķu *kaustos* – degošie) – degoši organiskas izcelsmes ieži. Nosaukumā akcentēta arī ķīmisko faktoru loma, jo šie sedimenti veidojas tikai ūdens vidē un saglabājas tikai noteiktos ķīmiskā līdzsvara apstākļos. Citos gadījumos šādi veidojušies sedimenti oksidējas un tiek tālāk pārnesti sāļu šķīdumu veidā. Biogēnie ieži veidojas gan Zemes virspusē, gan ūdenī. Sauszemes apstākļos veidojas guano, organiskie porfīri, nitrāti, fosfāti, ūdens vidē – kalcīts, aragonīts, opāls, fosfāti, vanadāti, arī urāna minerāli. Pie šīs nogulumiežu grupas piederīgi ir arī karbonāti (organogēnie kaļķakmeņi, krīts), silicītieži (diatomīti, opokas) un fosforīti (kaulu atliekas, molusku un vēžveidīgo čaulas).

Atsevišķā grupā iedala piroklastiskos (no sengrieķu *pir* – uguns, *liesma*) iežus, kuru materiāls veidojas vulkānu izvirdumu laikā.

4.2.2. Nogulumiežu klasifikācija pēc sastāva

Klasificējot nogulumiežus pēc sastāva, visbiežāk izdala šādas galvenās iežu grupas:

- ✓ vulkanogēnie nogulumieži,
- ✓ drupieži,
- ✓ nogulumu alumīnija rūdas,
- ✓ nogulumu dzelzsrūdas,
- ✓ nogulumu mangāna rūdas,
- ✓ fosforīti,
- ✓ silicīti,
- ✓ karbonātieži,
- ✓ evaporīti,
- ✓ kaustobiolīti.

Šāda klasifikācija paredz alumīnija, dzelzs un mangāna minerālu sakopojumus nogulumiežos saukt par rūdām, kas tikai daļēji ir

patiesi, it īpaši attiecībā uz makroskopisku šo iežu noteikšanu, tāpēc turpmāk šajā izdevumā tās netiks sauktas par rūdām.

Vairāk nekā 99% no nogulumiežu kopējā apjoma veido tikai trīs iežu tipi: māla ieži (arī māla slānekļi, argilīti), smiltsieži un karbonātieži. Šo trīs iežu tipu izplatības savstarpējās proporcijas dažādu autoru darbos ir atšķirīgas, bet visos vērtējumos dominē mālieži (47–79%), seko smilšakmeņi (13–31%) un karbonāti (8–22%).

4.3. | Nogulumiežu sastāvs

Nogulumiežiem kopumā to vidējais ķīmiskais sastāvs ir līdzīgs magmatisko iežu sastāvam (sk. 12. tabulu), atšķirības izpaužas galvenokārt palielinātā ūdens un oglekļa savienojumu daudzumā. Vienlaikus šo iežu grupām minerālsastāvs ir ļoti atšķirīgs, jo silikāti un alumosilikāti (galvenie magmatisko iežu minerāli) Zemes virsū ir nestabili un dēdēšanas procesos tie pārveidojas un noārdās. Ķīmiski izturīgi ir tikai daži magmatisko iežu minerāli – muskovīts, kālija un nātrija laukšpati un albīts, tomēr vislabāk saglabājas kvarcs. Tumšie minerāli, piemēram, ragmāņi, piroksēni vai biotīts, ātri noārdās un var ietilpt tikai pašu jaunāko nogulumiežu sastāvā.

Nogulumiežus veidojošos minerālus pēc izcelšanās iedala *klastiskos* (terigēnos) minerālos, kas nogulumiežos nokļuvuši kā dēdēšanas produkti, un *autigēnos* minerālos, kas radušies, veidojoties nogulumiezim diagenēzes vai kataģenēzes stadijā. Vairāki autigēnie minerāli var veidoties lielā masā un uzkrāties ļoti biezu iežu slāņu veidā (kalcijs, dolomīts, halīts, gipsis, mālu minerāli).

Nogulumieži nereti satur arī augu un dzīvnieku atliekas, turklāt dažos gadījumos tās uzkrājas tik daudz, ka pašas veido nogulumiežus, piemēram, kaļķakmeņus, kūdru, brūnogles, akmeņogles, dažus silicītus. Visbiežāk nogulumiežos uzkrājas un saglabājas dzīvnieku, aļģu un mikroorganismu kalcīta, opāla un fosfātu sastāva skeleta daļas, kauli un čaulas, gliemežvāki, koraļļu būves un tamlīdzīgi. No augu valsts šajos iežos sastopamas koksnes šķiedras, sporas, putekšņi un citas atliekas.

12. tabula. Dažādu iežu vidējais ķīmiskais sastāvs (masas procentos), pēc dažādu autoru datiem

Ieži	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O
Magmatiskie ieži										
Dunīts	40,49	0,02	0,86	2,84	5,54	46,32	0,70	0,10	0,04	3,88
Piroksenīts	46,93	0,97	6,37	4,08	10,85	12,13	16,03	0,82	0,49	1,01
Gabro	48,24	1,97	17,88	3,16	5,95	7,51	10,99	2,55	0,89	1,45
Bazalts	49,06	1,36	15,70	5,38	6,37	6,17	8,95	3,11	1,52	1,62
Diabāzs	50,48	1,45	15,34	3,84	7,78	5,79	8,94	3,07	0,97	1,89
Diorīts	58,90	0,76	16,47	2,89	4,04	3,57	6,14	3,46	2,11	1,27
Andezīts	59,59	0,77	17,31	3,33	3,13	2,75	5,80	3,58	2,04	1,26
Granīts	70,18	0,39	14,47	1,57	1,78	0,88	1,99	3,48	4,11	0,84
Sienīts	60,19	0,67	16,28	2,74	3,28	2,49	4,30	3,98	4,49	1,16
Vidējs magmatiskais iezis	59,14	1,05	15,34	3,08	3,8	3,49	5,08	3,84	3,13	1,15
Nogulumieži										
Māli	58,10	0,65	15,40	4,02	2,45	2,44	3,11	1,30	3,24	5,00
Smiļšakmeņi	78,33	0,25	4,77	1,07	0,30	1,16	5,50	0,45	1,31	1,63
Kaļķakmeņi	5,19	0,06	0,81	0,54	—	7,89	42,57	0,05	0,33	0,77
Vidējs nogulumiezis	57,95	0,57	13,39	3,47	2,08	2,65	5,89	1,13	2,86	3,23

4.4. | Nogulumiežu uzbūve

Gan struktūras, gan tekstūras ziņā un arī pēc izskata, krāsas un citām īpašībām nogulumiežiem ir vairākas raksturīgas īpatnības. Izņemot rupjos drupu iežus un dažus ķīmiskās izcelsmes iežus, nogulumieži ir veidoti galvenokārt no ļoti sīkiem minerālu graudiem. Nogulumieži var būt veidoti arī no dažāda rupjuma iežu fragmentiem un gabaliem. Raksturīga nogulumiežu īpatnība ir arī dabiskais minerālais cements, kas, izvietojoties starp irdeno drupu iežu sastāvdaļām, sasaista tās iezi. Tieši cements nosaka daudzu nogulumiežu fiziskās īpašības (izturību, ūdenscaurlaidību, blīvumu utt.). Nogulumiežu tekstūras galvenā īpatnība ir slāņainība un ļoti lielā porainība, kas līdzīga var būt tikai dažām vulkāniskajām lavām.

Drupu iežu struktūru noteic to sastāvdaļu izmēri, forma un cements. Atkarībā no izmēriem izšķir vairākas struktūras, tomēr dažādās valstīs diametri, kas tiek noteikti par robežlielumiem, starp dažādām graudu lieluma grupām atšķiras. Austrumeiropā un Krievijā spēkā ir 1886.–1890. gadā Krievijā ieviestā decimālā sistēma (katras nākamās drupiežu rupjuma klases graudu diametrs ir desmit reižu lielāks nekā iepriekšējai), bet pārējā pasaulē visbiežāk lieto Adena – Ventvorsa (*Udden – Wentworth*) klasifikācijas shēmas (sk. 9. attēlu), un tas ir jāņem vērā, izmantojot pētījumos citu valstu literatūru un kolekciju materiālus. Latvijā nogulumiežiem izmanto Krievijas shēmu, kas vēsturiski ir papildināta pirmās brīvvalsts laikā ar specifisku māla daļiņu dalījumu, kas bija svarīgs ķieģeļrūpniecības attīstībai. Vairākās lietišķās ģeoloģijas nozarēs, piemēram, inženierģeoloģijā, kā arī pētot būvmateriālu izejvielas, drupu iežu struktūru klasificē pēc citiem robežlielumiem. Tas pats attiecas arī uz klasifikācijām, kas tiek piemērotas augšņu un to cilmiežu pētījumos, arī jaunāko ģeoloģisko periodu veidoto mazsaistīto nogulumu analīzē.

Vēl ir jāņem vērā, ka dabā nav krasu robežu un starp dažādiem klasifikācijā minētajiem iežu paveidiem ir pakāpeniskas pārejas. Drupiežus un mālus pieskaita pie noteikta paveida, ja atbilstošā lieluma graudu daudzums pārsniedz 60% (kvartāra nogulumos – 50%). Tādu pašu robežu ievēro, izdalot iežu paveidus pēc graudu lieluma. Ja nevienas frakcijas (rupjuma klases) graudu saturs nesasniedz 60%, tad iezi uzskata par dažādgraudainu. Ja smiltsiežos 90% graudu ir

diametrs (milimetros)	Kopkins (1899)	Udden (1914)	Wentworth (1914)	Latvijas nogulumiežiem pieņemtā klasifikācija (1996)	diametrs (milimetros)
2048					
1024			akmeņi		
512				akmeņi	
256		vc			250
128		c	nelieli akmeņi		
64		f			100
32		vf			
16		vc	oli		
8		c			
4		f			10
2	grants	vf	grants	grants	
1		vc			1
1/2	c	c	smilts	c	0,5
1/4	0,32	f		m	0,25
1/8	m	vf		f	
1/16	0,1	vc		vf	0,1
1/32	0,032	c			
1/64	c	f	aleirīts		
1/128	0,01	vf			0,01
1/256	m	vc			
1/512	0,0032	c		liess māls	
1/1024	0,001	f			
1/2048	māli	vf	māli	trekns māls	0,001

9. attēls. Raksturīgo graudu diametru un robežlielumu klasifikācijas shēmu salīdzinājums

Apzīmējumi: c – rupja, n – vidēji rupja, f – smalka, vf – ļoti smalka

divās frakcijās (rupjuma klasēs), tad tiek piešķirts dubultnosaukums (piemēram, smalkvidējgraudaina smilts), turklāt otro nosauc to klasi, kuras saturs ir lielāks.

Tekstūra ir nogulumieža daļiņu izkārtojums un orientācija. Ar jēdzienu "tekstūra" saprot visus slāņojuma veidus un slāņojuma deformācijas, kā arī citus daļiņu izkārtojuma veidus nogulumiežu slāņu iekšienē. Nereti par tekstūrām sauc arī visus dabiskos nelīdzenumus, rievās, ieskrāpējumus un organismu pēdas uz slāņu virsmām, ko pareizāk būtu saukt par slāņu virsmas tekstūrām. Visbiežāk izdala viendabīgu, haotisku, horizontāli slāņotu, viļņoti slāņotu, lēcveida slāņotu, lēcveida tekstūru, daudz retāk – kunkuļainas, pikainas, šūnveida un citas tekstūras.

Nogulumiežiem, līdzīgi kā magmatiskajiem iežiem, arī var būt masīva (vienveidīga), plankumaina, poraina un citāda veida tekstūra, taču visraksturīgākā kopējā visu nogulumiežu pazīme ir slāņaina tekstūra. To ne vienmēr ir iespējams makroskopiski konstatēt ieža paraugā, bet pat ar nelielu palielinājumu to var redzēt vairākumā gadījumu pēc atsevišķo graudu savstarpējām attiecībām un to orientācijas.

Slāņi veidojas, ja dēdēšanas produktu transports uz to uzkrāšanās (akumulācijas) vietu kādu iemeslu dēļ apsīkst vai tiek pārtraukts. Transportēšanai atjaunojoties, dēdēšanas produkti izgulsnējas uz senākās jau sablīvējušos nogulu virsmas, kas var būt mainīta, arī nogulām daļēji pārveidojoties ķīmiskā sastāva ziņā, tā var būt bijusi pakļauta arī dēdēšanas, noskalošanas vai pārveides procesiem, piemēram, reducējošā vidē. Šāda nogulumu virsma šo atšķirību dēļ ir kontrastaina un atdala zemāk iegulošos no tiem pārklājošiem sedimentiem. Tas ir izplatītākais veids, kā veidojas slāņi, lai arī ne vienīgs.

Atsevišķu slāņu izvietojumu kārtās sauc par slāņojumu, attiecīgas uzbūves iežu tekstūru – par slāņainu jeb slāņotu tekstūru. Izšķir trīs galvenos slāņainas tekstūras paveidus – paralēlslāņainu, slīpslāņainu un deformēti slāņainu. Visbiežāk sastopama ir nogulumiežu paralēlslāņainā tekstūra, kurā atsevišķu slāņu kārtojums ir paralēls noslāņojuma virsmām. Šī tekstūra sastopama visu tipu nogulumiežos. Parasti tāda veidojas, sedimentiem uzkrājoties baseina apstākļos nekustīgā ūdens vidē. Slīpslāņojumu veido slāņa iekšienē esošie daudzie sīkākie slānīši, kuri pret kopējā slāņa virsmu ir orientēti slīpi. Šāda

tekstūra visbiežāk sastopama smiltīs, smilšakmeņos un citos drupu iežos, kas izgulsnējušies ūdens straumēs, vai arī drupu materiālam pārvietojoties ar vēju. *Deformēti slāņainas (uzdūļkojuma)* tekstūras veidojas, ja vēl nesacietējuši slāņaini, pārsvarā aleirītiski, sedimenti sava svara dēļ sāk slidēt pa zemūdens nogāzēm.

Uz nogulumiežu noslāņojuma virsmas dažreiz var novērot tekstūras zīmes – viļņu, straumju vai vēja rievās, žūšanas plaisas, minerālu kristālu nospiedumus utt., kas veidojušies mīkstos sedimentos. Šādas tekstūras zīmes ir svarīga nogulumiežu pazīme.

Struktūra ir ieža veidojošo kristālu vai graudu izmēri, forma, saaugums un savstarpējās attiecības, kā arī cements. Visbiežāk izdala smalkgraudainu, vidējgraudainu, rupjgraudainu, smalkkristālisku, gigantokristālisku, dažādgraudainu, vienādgraudainu, dažādkristālisku, vienādkristālisku, poikilotopisku un citādu tekstūru.

Lai drupu nogulumiežus savstarpēji salīdzinātu un raksturotu, nereti izmanto tikai četras pamatstruktūras, kuru nosaukumus atvasina no grieķu vai latīņu valodas (sk. 13. tabulu). Ir *psefītu* (sastāvdaļu izmēri lielāki par 1 mm), *psamītu* (1–0,1 mm), *aleirītu* (0,1–0,01 mm) un *pelītu* (izmēri mazāki par 0,01 mm) struktūras. Aleirītu struktūras ieži sausā stāvoklī ir irdeni, tos aptaustot pirkstos, atsevišķi graudi nav sajūtami, bet smalkākie aleirītiskie ieži samitrinoties kļūst plastiski. Pelītiskās struktūras ieži samitrinoties vienmēr kļūst plastiski, bet sausi – stipri sacietē.

Tabulā norādītajā klasifikācijā nav atsevišķi iekļauti aleirīti (putekļi), jo tas ir salīdzinoši nesen ieviests izmērs smalko drupu graudiņu

13. tabula. Drupu iežu rupjuma apzīmēšanai izmantotie nosaukumi

Graudu izmēru apzīmējums	Latviešu valodā	Grieķu valodā	Latīņu valodā	Neklasiskās struktūras
Rupjš	Grants	Psefīts (pséphos – akmentiņš)	Rudīts	Sferīts
Vidējs	Smilts	Psammīts (psàmmos – smilts)	Arenīts	Granulīts
Smalks	Māls	Pelīts (pélos – māls)	Lutīts	Pulverīts

apzīmēšanai. Sākotnēji to sauca par mikrosmilti (siltu), bet pēc A. N. Zavaricka priekšlikuma 1933. gadā – par aleirītu.

Dabā drupu ieži gandrīz vienmēr sastāv no ļoti dažādu izmēru sastāvdaļu maisījuma, bet to daudzuma attiecības ir visai atšķirīgas, un to raksturo iežu *granulometriskais sastāvs*. Šo sastāvu nosaka, aprēķinot, kādu daļu (masas procentos) iežā aizņem atsevišķas granulometriskās frakcijas (graudiņu daudzums noteiktās izmēru robežās). Šāda analīze ļauj ne tikai precīzi izdalīt psefītu, psamītu, aleirītu un pelītu frakcijas, bet arī izdalīt un novērtēt masas izteiksmē jebkuras citas, piemēram, oļu un grants, frakcijas utt. Raksturojot drupu iežus, ir svarīgi noteikt dominējošo frakciju – pēc tās tiek veidots ieža nosaukums, bet iežā mazāk pārstāvētās frakcijas papildina un precizē nosaukumu.

Drupu iežu cementējošo vielu visbiežāk veido kalcīts, dzelzs oksīdi, daudz retāk – halcedons, māls un citi minerāli. Dzelzs minerāli cementam un pašam drupu iezim piešķir sarkanu, sarkanbrūnu un dzeltenbrūnu nokrāsu. Kalcīta cementu viegli var atšķirt pēc tā reakcijas ar hlorīdēnražskābi.

Mālu iežiem visraksturīgākā ir *pelītu* struktūra, ko veido par 0,01 mm smalkākas daļiņas, un nereti jauktā *psamopelītu* struktūra. Daudz retāk dabā sastopami *brekcijveida* vai *konglomerātveida* struktūras māli ar raksturīgiem stūrainiem vai ieapaļas formas māla gabaliem un to drumsļu ieslēgumiem, kas arī cementēti ar mālainu vai mālainu un karbonātu materiālu.

Ķīmiskās izcelsmes iežu struktūru nosaka pēc ieža sastāvdaļu kristalizācijas pakāpes, graudu izmēriem un formas. Kristāliskās struktūras, līdzīgi magmatisko iežu struktūrām, iedala lielgraudainās, rupjgraudainās, vidēji graudainās (ar vidēja lieluma graudiem), smalkgraudainās un slēptkristāliskās. Šai nogulumiežu grupai ir raksturīgas arī amorfas struktūras, kas nereti piemīt iežiem ar koloidāliem daļiņu izmēriem un oolītu struktūru (to veido apaļas vai ieapaļas formas minerālu graudu sakopojumi).

Bioķīmiskas izcelsmes iežu struktūras parasti neatšķiras no citu grupu iežu struktūrām. Ja ieži ir veidoti no labi saskatāmām gliemežvākiem, čaulām un citām organismu atliekām, tad tiem ir biomorfa struktūra. Tomēr tā visbiežāk ir jaukta un tuvināta drupu iežu raksturīgām struktūrām.

4.5. Izplatītāko nogulumiežu raksturojums

4.5.1. Drupu ieži

Iepriekšējā nodaļā jau tika teikts, ka ir visai atšķirīga prakse drupu iežu klasificēšanā, tāpēc svarīgi būtu iepazīties ar drupu iežu un mālu iedalījumu pēc graudu izmēriem un litifikācijas pakāpes, kas ir pieņemts Latvijā¹. Tā ir veidota atbilstoši decimālajai klasifikācijai (sk. 14. tabulu) un patlaban tiek izmantota, lai raksturotu drupu nogulumiežus un kvartāra nogulumus. Šī shēma netiek izmantota jūras mūsdienu nogulumu un speciālos ģeoloģiskajos pētījumos.

4.5.1.1. Rupjdrupu ieži

Rupjie drupu ieži sastāv no dažāda rupjuma sasmalcinātu magmatisko, metamorfo un mehāniski iztūrīgāko nogulumiežu iežu daļām – *atlūzām*. Rupjdrupu iežiem nosaukumu piešķir pēc to izmēriem, sastāva un noapaļojuma pakāpes. Spraugās starp šīm iežu drupām un fragmentiem visbiežāk ir izvietots smalkāks drupu materiāls. *Matrice* (matrica) ir smalks drupu materiāls, kas drupiežos aizpilda telpu starp rupjākām atlūzām. Atšķirībā no cementa, kas ir kristalizējis tukšumos pēc ieža veidošanās, *matrice* ir uzkrājusies (izgulsnējusies) vienlaikus ar rupjākajām drupu daļiņām. Visos gadījumos *matrice* sastāv no mehāniski izgulsnētām daļiņām, bet *cements* ir kristāliska viela, kas augusi (kristalizējusies) porās un tās aizpilda (cementē). Dažādas kristāliskas vielas var cementēt gan rupjās atlūzas, gan *matrici*.

Pie rupjdrupu iežiem parasti pieskaita visus drupu iežus, kuru atlūzu diametrs pārsniedz 1–2 mm. Tie ir grants, gravelīts, oļi, šķembas, konglomerāts, brekcija, akmeņi utt. Rupjdrupu iežus iedala pēc ļoti daudzveidīgām pazīmēm. Tās apkopotas 15. tabulā.

Dīzakmeņi un laukakmeņu ieži sastāv no dažāda lieluma laukakmeņiem. Tie ir ar ūdeni vai ledu pārtransportēti iežu gabali, kuru izmēri pārsniedz 100 cm un kuru virsmas ir nogludinātas, pārvietotie gabali pārvietošanās laikā ir ieguvuši ieapaļu vai noapaļotu formu. Atsevišķu

¹ Pēc: Kuršs, V. u. c. Atskaite par tēmu Nr. 1433 "Nogulumiežu klasifikācijas sagatavošana". Rīga: LU Ģeoloģijas institūts. 1996. 38. lpp.

14. tabula. Latvijā pieņemtā drupu iežu klasifikācija

Iežu tipi dažādu ģeoloģisko periodu nogulumos			Iežu paveidi pēc graudu izmēriem	Graudu izmēri
Paleozoja	Mezozoja	Kvartāra		
Nav sastopami		Dižakmeņi ¹	Ļoti lieli Lieli Vidēji Sīki	> 10 m 10–5 m 5–2,5 m 2,5–1 m
		Laukakmeņi, akmeņi (akmenājs) ¹ , blūķi ²	Lieli Vidēji Sīki, mazi	100–50 cm 50–25 cm 25–10 cm
Konglomerāti ¹ , breččijas ²	Oļi ¹ , šķembas ²	Oļi (oļājs) ¹ , šķembas ²	Lieli Vidēji Sīki, mazi	100–50 mm 50–25 mm 25–10 mm
Gravelīti ¹	Grants ¹ , zvīrgzdi ²	Grants ¹ , zvīrgzdi ²	Rupja Vidēja Smalka ³	10–5 mm 5–2 mm 2–1 mm
Smilšakmeņi	Smiltis	Smiltis	Rupjgraudainas Vidējgraudainas Smalkgraudainas	1–0,5 mm 0,5–0,25 mm 0,25–0,1 mm
Aleirolīti	Aleirīti	Aleirīti	Rupjgraudaini Smalkgraudaini	0,1–0,05 mm 0,05–0,01 mm
Māli	Māli	Māli	Liesi Trekni	0,01–0,001 mm <0,001 mm

Skaidrojumi. ¹ – noapaļots drupu materiāls; ² – šķautņains drupu materiāls; ³ – kvartāra nogulumos šo frakciju pieskaita pie ļoti rupjgraudainām smiltīm.

laukakmeņu izmēri var pārsniegt vairākus desmitus metru, to sakopojumi nereti ir konstatējami seno krasta līniju tuvumā.

Blūķu ieži atšķiras no laukakmeņiem ar stūrainām, nenoapaļotām sastāvdaļu formām, kuras liecina, ka drupu materiāls uzkrājies

15. tabula. Rupjgraudaino drupu iežu klasifikācija

Klasifikācijas pazīmes	Izdalītās grupas	Piezīmes
Atlūzu izmēri	Grants (1–10 mm) Oļi (1–10 cm) Akmeņi (10 cm–1 m) Dižakmeņi (1–10 m un vairāk)	Skatīt iepriekšējo tabulu
Atlūzu noapaļojums	Atlūzas šķautņainas vai noapaļotas	Grants, oļi, akmeņi, konglomerāti – atlūzas ir noapaļotas; zvirgzdi, šķembas, blāķi, brekčijas – atlūzas ir šķautņainas
Atlūzu sastāvs	Jānosaka atlūzu veidojošo iežu sastāvs	Piemēram, krama konglomerāti, kaļķakmens brekčija, granīta oļi utt.
Cementa sastāvs	Jānosaka cementācijas pakāpe un cementa minerālais sastāvs	Piemēram, kalcīta, dolomīta kvarca (krama), dzelzs oksīdu un hidroksīdu, ģipša cementi
Matrices sastāvs	Jānosaka matrices graudu lielums	Piemēram, matrice sastāv no smilts, aleirīta, māla vai arī nešķīrotas smilšaini mālainas masas
Šķirojuma pakāpe	Apzīmē, cik vienādi izmēri ir drupu materiāla daļiņām. Izdala labi, vidēji, vāji un nešķīrotus iežus	Piemēram, vāji šķīrots iezis ir aluviālo iznesu konu nogulumu

cilmieža sadēdēšanas vietā vai pārvietots salīdzinoši nelielā attālumā. Šādi blāķi Latvijas kvartārnogulumu segā ir zināmi vairāku simtu metru platībā, to biezums var sasniegt 15–20 metru un vairāk.

Oļu ieži veidoti no 10–100 mm diametra noapaļotiem iežu vai minerālu gabaliem. Šie ieži var veidoties gan strauji tekoša ūdens strauvēs, gan baseinu piekrastē.

Šķembas atšķiras no oļiem tikai ar nenoapaļotām, stūrainām sastāvdaļu formām. Tās veidojas gandrīz vienmēr tikai sauszemes

apstākļos, nereti upju krastos cilmiežu dēdēšanas vietās vai to tiešā tuvumā. Tomēr nogulumiežu šķembas viegli noapaļojas ūdens vidē un kļūst par pamata izejmateriālu oļu iežiem.

Grants ir irdena drupu materiāla iezis ar dominējošo graudu lielumam 1–10 mm, graudu forma ir noapaļota. Parasti veidojas no mehāniski izturīgu magmatisko vai metamorfo iežu dēdēšanas materiāla. Graudu izmēri un noapaļojuma pakāpe atkarīga no pārvietošanās attāluma.

Zvirgzdi atšķiras no grants ar stūrainām graudu formām, tie veidojas tikai dēdēšanas garozās kontinentālos apstākļos. Tiem mainoties, zvirgzdi viegli pārvēršas par granti.

Konglomerāti ir dabiskos procesos sacementēti rupji drupu ieži ar noapaļotām sastāvdaļu formām. Graudu izmēri visbiežāk atbilst grantij, nereti kā ieslēgumi konglomerātos ir sastopami oļi un laukakmeņi. Konglomerātu tekstūra parasti ir masīva vai poraina, reizēm redzams arī vienkāršs slāņojums. Konglomerātus, kuru sastāvdaļu lielums aptuveni atbilst grantij, sauc par gravelītiem.

Brekčijas ir ar dabisku cementu saistīti zvirgzdi, šķembas vai blāķu ieži. Tās sastopamas daudz retāk nekā konglomerāti, parasti kalnu rajonos, jo ieža cementācijai ir jānotiek ātrāk, nekā materiāls tiek pārvietots un iegūst noapaļotas formas.

4.5.1.2. Smiltsieži

Smiltsieži ir irdeni ieži, kas sastāv no 0,1–1 mm lieliem viena minerāla vai vairāku minerālu graudiem. Rupjākajiem paveidiem, kas veidojušies, materiālam pārvietojoties ūdens straumēs, graudu forma ir noapaļota, bet ar vēju pārvietotām smiltīm graudu forma var būt stūrainā. Krāsa atkarīga no minerālsastāva, un tas ir viegli vizuāli konstatējams – tīra kvarca smiltis ir baltas, piemaisījumi var tās nokrāsot pelēkā, sārtā, dzeltenā, brūnā vai pat melnā krāsā, bet pelēka vai melna krāsa var norādīt uz organisku vielu piejaukumu. Smiltsiežu tekstūra ir paralēlslāņaina vai slīpslāņaina, nereti sastopamas arī viendabīgas struktūras. Ir pieņemts visus irdenos psamītu struktūras iežus saukt par *smiltīm*, cementētos – par *smilšakmeņiem*.

Smiltsiežus klasificē pēc graudu izmēriem, sastāva, cementa sastāva un šķirojuma pakāpes. Atšķirībā no rupjdrupu iežiem smiltsiežos pildviela (matrica) ir reta, tāpēc klasifikācijā to praktiski neizmanto.

Ģeoloģisko novērojumu aprakstos, kas veikti lauka apstākļos, ir jānosaka graudu lielums, lai arī precīzi ar neapbruņotu aci vai lupu ne vienmēr to ir iespējams noteikt. Tāpēc ir jāņem paraugs, un tas papildus jāpēta laboratorijā. Svarīga nozīme ir arī graudu noapaļojuma novērtējumiem, kas veicami ar lupu un sniedz papildu ziņas par graudiņu transporta ilgumu un dažkārt ļauj noteikt smilts cilmiezi jeb cilmavotu.

Smiltsiežu klasifikācija pēc minerālā sastāva. Smiltsiežu svarīgākās sastāvdaļas ir kvarcs, laukšpati, iežu drumsļas (litoklasti), vizlas, smagie minerāli (cirkons, turmalīns, rutils, ilmenīts, granāti, apatīts, piroksēni, amfiboli, olivīns u. c.), karbonātu minerāli (kalcijs, dolomīts) un māla minerāli. Lai gan to sastāvs mēdz būt visai atšķirīgs, tomēr ne tik daudzveidīgs kā rupjdrupu iežiem, jo smiltsiežus veido atsevišķi minerālu graudiņi, kas ir dažādi noapaļoti kristāli. Tas ir tāpēc, ka smilšu graudu (0,1–1 mm) izmēriem atbilst magmatisko un metamorfo iežu veidojošo minerālu kristālu raksturīgi lielumi. Smiltsiežos visbiežāk dominē kvarcs, jo šis minerāls ir visai izplatīts magmatiskajos un metamorfajos iežos (kuri kalpo par smilšu cilmavotu) un kvarcs ir ļoti noturīgs pret fizisko un ķīmisko dēdēšanu. Femiskie minerāli noārdās, un saglabājas tikai ļoti cietie un ķīmiski izturīgie kvarca graudi, nelielā daudzumā arī muskovīts un ortoklāzs. Vēl mazākā daudzumā smiltīs var būt izturīgi, bet ļoti reti minerāli, piemēram, topāzs, granāts un citi. Biotīts, plagioklāzs, ragmāņi un piroksēni, kas dēdēšanas procesos sadalās ātri, praktiski sastopami tikai visjaunākajās – kvartāra sistēmas – smiltīs, kuras tāpēc viegli atšķirt no senāko ģeoloģisko periodu līdzīgiem iežiem.

Plaši tiek izmantota smiltsiežu klasifikācija **pēc minerālā sastāva viendabības**. Atbilstoši tai izdala monominerālus (piemēram, kvarca smiltsiežos ir 90–95% kvarca), oligomiktus (nereti kvartāra smiltsiežos ir 75–95% kvarca) un polimiktus (smiltsiežiem Dienvidsomijā kvarca saturs tikai nedaudz pārsniedz 50%, plaši pārstāvēti ir arī citi minerāli).

Visizplatītākais smiltsiežu tips ir **smilšakmeņi**. Tie veidojas, smiltīm sacementējoties ar dzelzs minerālu, kalciņa, halcedona, māla vai citu cementu. Ieža krāsu nosaka galvenokārt cementa sastāvs, no tā atkarīga arī smilšakmeņu saistījuma pakāpe un mehāniskā izturība, bet ieža tekstūra smilšakmeņos mainās maz (ir konservatīva) un

saglabājas tāda pati kā smiltīm. Smilšakmeņi kvartāra perioda nogulumos sastopami ļoti reti, galvenokārt tie ir jau iepriekšējo ģeoloģisko periodu veidojumi. Izņēmums ir kalnu rajoni, kur zināmi mūsdienu smilšakmeņi, šeit tiem nereti ir poliminerāls sastāvs.

Pēc minerālā sastāva izdala vēl dažus raksturīgus smiltsiežus. Pazīstamākie ir *arkozu (arakozu) smilšakmeņi* jeb arkozes (sastāv no kvarca un laukšpatiem, laukšpatu saturs pārsniedz 25%) un *grauvaki* jeb grauvas (tumši pelēki un melni drupieži, bieži raksturīgs šķirojuma slāņojums). Arkozu smilšakmeņi veidojas, galvenokārt dēdējot granīta sastāva magmatiskajiem iežiem, taču grauvas atsevišķā paraugā un nelielā atsegumā var sajaukt ar bāzisku magmatisko iezi. Mikroskopā grauvas atgādina mikrobrekčiju no šķautņainiem prizmatiskiem kvarca graudiem, arī laukšpatiem un iežu drumslām, ko aptver pamatmasa (matrica) no mikrokristāliska kvarca, laukšpatiem, hlorīta un sericīta, ko reizēm aizvieto karbonāti.

4.5.1.3. Aleirīti, aleirolīti un lesi

Drupu iežos aleirītiskā materiāla ir ļoti daudz, taču samērā reti aleirīti un aleirolīti veido pastāvīgus slāņus, starpslāņus vai vēl retāk veselas slāņkopas. Aleirīts visbiežāk ir sastopams kā piejaukums rupjākos iežos (smiltīs un smilšakmeņos) vai smalkākos nogulumos (mālos). Ļoti bieži aleirītu materiāls nodalās starpkārtas mālos – kvartāra sloksņu mālos, apakšdevona Ķemeru svītā un citās Latvijas ģeoloģiskā griezuma daļās. Atkarībā no drupu iežu klasifikācijas aleirītu graudu izmēri ir 0,05–0,5 mm, 0,01–0,1 mm, 0,05–0,005 mm, 1/256–1/16 vai 1/128–1/8 mm. Latvijā pieņemtā klasifikācija ir 0,01–0,1 mm.

Dažās klasifikācijās aleirītus sauc par putekļiem, arī mikrosmiltīm, aleirītu cementētie un litificētie paveidi tiek saukti par aleirolītiem. To tekstūra ir masīva, iezis plīst šķautņainās plātnītēs, reizēm raksturīgs sīks slīpslāņojums, ar ūdeni piesūcināti aleirīti viegli deformējas un ir plūstoši.

Aleirīti ir nesaistīti sīkgraudaini ieži, kas pēc sastāvdaļu galvenajiem izmēriem ieņem vidēju stāvokli starp smiltīm un māliem. Irdenā veidā tie ir līdzīgi putekļiem, minerālu sastāvs tuvs smilšu sastāvam. Krāsa gaiši pelēka, pelēka, dzeltenīga, zaļganpelēka, sarkanbrūna. Smalkākās uzbūves aleirīti samitrinoties kļūst plastiski, un šādus aleirītus atšķirt no māliem makroskopiski nav iespējams.

Starp aleirītiem nereti izdala četrus galvenos tipus – lesus, lesveida smilšmālus, smiltsmālus un mālsmitis. Trīs pēdējie nosaukumi iežu saturam neatbilst, jo to sastāvā dominē aleirītiskas, nevis citas nosaukumos ietvertās sastāvdaļas.

Aleirolīti ir ar kalcītu, halcedonu vai citādi sacementēti ieži ar tipisku aleirītu struktūru, parasti pelēkā vai dzeltenpelēkā krāsā. Raksturīgi, ka ūdenī tie neizmirst. Veidojas ūdens baseinos, aleirītu struktūras drupu materiālam sacietējot diagenēzes procesos.

Less ir noblīvējies porains aleirītisks materiāls gaišā dzeltenpelēkā, pelēki dzeltenā vai tumši dzeltenā krāsā, kas atsegumos veido pat stāvas kraujas. Tas veido no desmitiem līdz simtiem metru biezus slāņus pleistocēna nogulumos Ķīnā, Austrumeiropas dienvidos, kā arī Ziemeļamerikas dienvidos un Dienvidamerikā. Lesos kopā ar kvarcu (50–90%), māla minerāliem (5–20%), laukšpatu un vizlu ir salīdzinoši daudz karbonātu (5–7%), kas iezi strauji uzputo atšķaidītā hlorīdu-ražskābē. Lesa tekstūra ir viendabīga vai ar vāji izteiktām slāņojuma pazīmēm. Poras veido vertikālas sistēmas, pa kurām viegli iekļūst ūdens. Samitrinot iezis saplok. Less veidojas, uzkrājoties vēja vai lēnu ūdens straumju pārvietotam ļoti smalkam drupu materiālam, vairākuma gadījumā – vējam pārvietojot aleirītu no pieledāja reģioniem.

Aleirīti un aleirolīti veidojas daudzveidīgos apstākļos – glaciālos apstākļos un apledojumu reģionu tuvumā, kontinentālajos arī daļēji klimata apstākļos, retāk – upju (aluviālos) apstākļos, ezeru (limniskos) apstākļos, jūras piekrastē un šelfa zonā, arī kontinenta nogāzes pakājē un okeānu līdzenumos.

Smilšmālu sastāvā ir 10–30% mālu, līdz 20% smalkas smilts daļiņu un līdz 50% aleirītu. Pēc minerālā sastāva smilšmālu lielāko masas daļu veido kvarcs, kalcīts, muskovīts un laukšpatī. Ieža krāsa ir pelēka, dzeltenīga, brūna, sarkanbrūna, zaļganpelēka, tekstūra – viendabīga vai paralēlslāņaina. Smilšmāli veidojas lēnās straumēs, baseina apstākļos vai arī no ledāju pārvietota materiāla. Dabiski mitrā stāvoklī smilšmāli ir plastiski un no īstajiem mālu iežiem ārēji ir grūti atšķirami.

Mālsmitis ir ieži, kuros ir līdz 10% māla un līdz 30% smilšu, pārējos aptuveni 60% aizņem aleirītu izmēru daļiņas. Mālsmitis atšķiras no smilšmāliem ar daudz mazāku plasticitāti, arī ieža tekstūra ir daudz viendabīgāka, var būt slāņojuma pazīmes.

4.5.1.4. Mālu ieži

Mālu ieži ir Zemes garozā visizplatītākie nogulumieži. Tiem raksturīga ļoti smalka uzbūve. Ne mazāk par pusi no šo iežu apjoma veido daļiņas, kuru izmēri nepārsniedz 0,01 mm, un ne mazāk kā 25% iezi veidojošo daļiņu ir sīkākas par 0,001 mm. Mālu iežu galveno daļu veido specifiski mālu minerāli, pārējā daļa sastāv no drupu materiāla vai ķīmiskas izcelsmes minerāliem. Mālu ieži var saturēt organiskos savienojumus un organismu atliekas. Raksturīga mālu iežu īpašība ir ļoti liela porainība (līdz pat 75%), bet poras ir ļoti mazas, un ieži vairākumā gadījumu ir ūdensnecaurlaidīgi.

Atkarībā no mālu iežu fizikālajām īpašībām izšķir mālus un argilītus. Māli, samitrinoties ūdenī, kļūst plastiski, bet argilīti ir cieti ieži, kuri ūdenī neizmirst. Latvijas nogulumiežos nav zināma liela mālu minerālu dažādība, visu ģeoloģisko sistēmu nogulumos dominējošais minerāls ir illīts, ar nelielu kaolīnīta un hlorīta piejaukumu, reti ir smektīta grupas minerāli un jauktslāņu minerāli.

Māls ir sīkdisperss zemjains nogulumiežis, kura galvenie komponenti ir īpaša minerālu grupa – māla minerāli. Māls, salīdzinot ar citiem drupu iežiem, veidojas vismierīgākajos apstākļos – ļoti ierobežotā straumju un viļņu ietekmē, jo mainīgā hidrodinamiskajā režīmā smalkās mālainās daļiņas pastāvīgi atrodas suspensijā un netiek izgulsnētas. Mālu krāsa var būt ļoti dažāda – brūna, sarkanbrūna, dzeltenbrūna, pelēka, zaļgana un citāda. Tekstūra gandrīz vienmēr ir slāņaina.

Mālus klasificē pēc daļiņu izmēriem, minerālā sastāva un ģenēzes. *Mālu daļiņu izmēri* nav viennozīmīgi nosakāmi. Piemēram, decimālā klasifikācija pie māliem pieskaita iežus, kuros dominē par 0,01 mm smalkākas daļiņas. Pasaulē izmanto galvenokārt Ventvorta klasifikāciju, par māla daļiņu augšējo robežu atzīstot 1/256 (~ 0,004 mm). Latvijā līdz šim par tādu ir pieņemti 0,005 mm. Detalizēti māla minerālu pētījumi ir parādījuši, ka to izmēri parasti nepārsniedz 0,002 mm. Latvijā mālu minerālu pētījumos līdz šim ir izmantota frakcija < 0,001 mm.

Vairākums dabisko mālu ir jaukti ieži, kas bez mālvielas satur arī aleirīta, smilts, karbonātu un citus piemaisījumus. *Galvenie māla minerāli* ir hidratizēti alumosilikāti, izplatītākie māla minerāli ir kaolīnīts, illīts, smektīti, hlorīti un jauktslāņu minerāli. Lai arī nereti

tiek izšķirti atsevišķi mālu minerālu ieži, tie makroskopiski nav atšķirami.

Māla minerāli veidojas galvenokārt magmatisko un metamorfo iežu dēdēšanas procesos, kas nosaka arī mālu minerālu dominantes. Būtiska ietekme uz māla minerālu savstarpējām proporcijām iežos ir cilmiežu raksturam, rajona tektoniskiem un klimatiskiem apstākļiem, kas ietekmē iežu noārdīšanās un ķīmisko izmaiņu ātrumu, ūdens cirkulācijas intensitāti, vides temperatūru un to maiņas amplitūdu un raksturu. Daži māla minerāli var veidoties nogulās pēc to sedimentācijas kā autigēni minerāli (piemēram, hlorīts), arī pēcsedimentācijas procesos uz citu iepriekšēji izgulsnētu māla minerālu rēķina (piemēram, kataģenēzes stadijā notiek smektītu illitizācija).

Argilīti ir mālaini ieži, kuri atšķirībā no māliem nekļūst plastiski, kad sajaukti ar ūdeni. Argilīti veidojas mālu noblīvēšanās, dehidratācijas un cementēšanās procesā diaģenēzes un kataģenēzes stadijā. Argilītiem bieži ir sīkplātņaina tekstūra. Krāsa parasti ir melna vai ļoti tumši pelēka, dažreiz ar brūnganu nokrāsu, var būt lāsaina, izplūstoši plankumaina. Argilītu tekstūra ir izteikti slāņaina, ieži bieži sašķeļas asstūrainās formas plāksnītēs. Veidojas kataģenētiskos procesos, māliem sablīvējoties, turklāt notiek koloīdu dehidratācija, un mālu minerāli pārkristalizējas. Argilīti ir vieni no visbiežāk sastopamiem nogulumiežiem kalnu apgabalos. Līdzenuma rajonos Zemes virspusē to tikpat kā nav.

Māla slānekļi ir metamorfie ieži, kas veidojas argilītu turpmāku izmaiņu gaitā jau metamorfisma procesos. Līdzīgi argilītiem tiem raksturīga sīkplātņaina uzbūve, taču māla slānekļos to sākotnējais minerālu sastāvs ir ļoti izmainīts. Māla slānekļu porainība ir tikai 1–3%, un tas ļauj tos droši nošķirt no masīviem un blīviem argilītiem.

4.5.2. | Ķīmiskās un bioķīmiskās izcelsmes ieži

Visi šīs grupas ieži veidojas no citu iežu un minerālu ķīmiskās dēdēšanas produktiem, tiem uzkrājoties galvenokārt ūdensbaseinos (jūrās, ezeros un lagūnās), retāk – sauszemes apstākļos. Ķīmiskās izcelsmes iežu materiāls rodas, sāļiem izgulsnējoties no pārsātinātiem ūdens šķīdumiem, koagulējoties vielām, pēc organismu atmiršanas uzkrājoties to minerālajām daļiņām (čaulām, skeleta daļām, šķiedrām utt.), kā arī mikroorganismu darbības ietekmē. Šīs nogulumiežu

klasifikācijā galvenā nozīme ir iežu ķīmiskajam sastāvam. Atkarībā no tā izdala alītus (alumīnija minerālus), dzelzs, mangāna, silīcītu, fosfātu un karbonātu iežus un evaporītus (sāļu iežus).

4.5.2.1. Alumīnija minerālu nogulumieži (alīti)

Alumīnijs ir viens no izplatītākajiem komponentiem daudzos nogulumiežos. Māliežos Al_2O_3 daudzums vidēji ir 15–35%, visaugstākais tas ir kaolinīta mālos. Smilšakmeņos un aleirolītos ar augstu laukšpata saturu Al_2O_3 daudzums sasniedz 10–15%. Alītu nogulumieži sastāv galvenokārt no alumīnija hidroksīdu un oksīdu minerāliem, kam nereti ir liels dzelzs savienojumu piejaukums. Galvenie alumīnija nogulumieži ir laterīti un boksīti, to veidojošie svarīgākie minerāli ir gibsīts (mezozoja un kainozoja nogulumiežos), bēmīts un diaspors (paleozoja alītos).

Laterīti (*later* latīņu valodā nozīmē ķieģelis). Makroskopiski laterīti parasti ir sarkani, to virsma dažkārt ir melna, kā arī rozā, balta, pelēka un plankumaina. Bieži tajos ir kavernas, ko aizpilda gibsīts vai māls. Laterītiem visai raksturīga ir neviendabīga bumbulaina un pizolītu (ieapaļu koncentrisku graudu) struktūra. Nereti šie ieži ir irdeni, bet var būt arī intensīvi litificēti (blīvums 2,45–3,25 g/cm³). Laterītu pulveris, kas sajaukts ar ūdeni, nepārvēršas viskozā, plastiskā masā kā māls, bet gan izplūst. Svaigā veidā daudzi laterīti ir viegli deformējami, taču gaisā cietē.

Laterītu minerālais sastāvs ir neviendabīgs, jo blakus alumīnija minerāliem bieži sastopami titāna oksīda, dzelzs hidroksīdu un hematīta piejaukumi, kā arī kaolinītu un dēdēšanas procesos nesadalījušies klastiskie minerāli (kvarcs, laukšpats).

Laterīti ir īpaši izplatīti paleogēna, neogēna un kvartāra nogulumos, tie veidojušies izteikti humīda klimata apstākļos magmatisko un metamorfo iežu dēdēšanas un sadēdējušo produktu uzkrāšanās procesā. Mūsdienās laterīti veidojas Indijā, Gvinejā, Angolā, Etiopijā, Austrālijā un Kubā.

Boksītu nosaukums ir saistīts ar Bo (franču valodā *Baux*) departamentu Francijā, kur tie pirmoreiz aprakstīti. Boksītu minerālais sastāvs ir līdzīgs laterītiem, pat mikroskopiski boksīti bieži ir līdzīgi laterītiem. Arī boksītiem ir raksturīga bumbulaina vai pizolītu struktūra, taču šie ieži ir daudzveidīgāki un bieži atšķiras ar savu balto,

dzelteno, tumšzaļo, pelēko, ķieģeļsarkano vai pat gandrīz melno krāsu. Visizplatītākie ir blīvi, diezgan cieti ieži, bet ir zināmi arī irdeņā vai māliem līdzīgā stāvoklī. Mīkstie paveidi atšķirībā no māliem nav plastiski – pēc samitrināšanas, gaisā izžūstot, sacietē un ūdenī vairs neizmirst. Struktūra pelītiska, oolītiska, kristāliski gaudaina vai konglomerātveida, tekstūra parasti vienveidīga. Bieži boksītiem ir gliemežnīcas laužums, kas padara tos līdzīgus jašmām, dažos gadījumos boksītiem ir izteikta slāņota tekstūra.

Boksītus klasificē pēc izplatības īpatnībām, nodalot laterītu boksītus (sastop dēdējumgarozās), platformu boksītus (saistīti ar kontinentālajiem deluviālajiem, aluviālajiem un limniskajiem nogulumiem) un ģeosinklinālos jeb karbonātu karsta boksītus (boksīti, kas pārsedz karsta procesu pārveidotu kaļķakmeņu virsmu un ir pārklāti ar jaunākiem karbonātu nogulumiem).

4.5.2.2. Dzelzs minerālu nogulumieži

Dzelzs pēc izplatības Zemes garozā ieņem ceturto vietu. Gandrīz visi nogulumi satur dzelzi. Ir pieņemts, ka ar nogulumu dzelzsrūdām jeb ferolītiem saprot tādus nogulumiežus, kuros dzelzs saturs pārsniedz 10–20%. Nogulumiežos izplatītākās dzelzi saturošo minerālu grupas ir oksīdi un hidroksīdi (hematīts, magnetīts, gēīts, limonīts), karbonāts (siderīts), silikāti (šamozīts, glaukonīts), sulfīdi (pirīts, markazīts) un fosfāti (vivianīts). Kopā ar šiem minerāliem nogulumu dzelzsrūdās sastopami mangāna oksīdi un hidroksīdi, kalcīts, māla minerāli un klastiskais graudu piejaukums (kvarcs, laukšpats un vizla).

Galvenais dzelzs avots dabā ir magmatisko un metamorfo iežu dēdēšana. Tiek uzskatīts, ka dzelzs pārvietojas trīs galvenajos mehānismos: koloīdu veidā, kurus stabilizē organiskā viela; adsorbējoties organiskajā vielā; dzelzi var transportēt māla minerāli oksīdu plēvīšu veidā uz māla daļiņām. Savukārt dzelzs oksīdi un hidroksīdi eksogēnajos procesos ir ļoti inerti, to migrētspēja pieaug tikai reducējošā vidē. Tāpēc dzelzs savienojumi nogulsņējas kontinentālos apstākļos vai jūru piekrastēs. Dēdēšanas laikā liela dzelzs savienojumu daļa paliek iežu dēdējumgarozā un kopā ar alumīnija oksīdiem un hidroksīdiem veido laterītus. Mūsdienās dzelzsrūdas veidojas tikai kontinentālos apstākļos un konkrēciju veidā jūrās (arī Rīgas līcī).

Purvu rūdas veidojas purvos un ezeros galvenokārt mērenajā joslā. To struktūra ir sīkgraudaina, oolītu vai čaulveida, tekstūra – vienveida, masīva, kavernoza, lielporaina, tas ir, daudzveidīga – no oolītiskām un mehāniski izturīgām līdz zemjainām un irdenām. No minerāliem dominē gētīts un hidroģētīts, tie var saturēt arī mālu minerālus, opālu, kalcītu un drupu materiālu, sastopams arī siderīts un vivianīts. Raksturīga ļoti tumši brūna, rūsgana vai melngana krāsa ar spilgti dzelteniem pulverveida limonīta (okera) plankumiem, kas rodas, blīvam limonītam sairstot dēdēšanas procesā. Var būt cieta vai irdena. Ja tā ir irdena, krāsa ir dzeltena. Purvu rūdas veidojas vietās, kurās skābie un reducētie purvu un augšņu ūdeņi ar paaugstinātu dzelzs saturu nonāk oksidējošā un sārmainākā vidē.

Krāsu zemes (dabiskie okeri) ir irdeni, zemjaini nogulumi, kuri sastāv no Fe^{3+} oksīdiem un hidroksīdiem kopā ar mālu, aleirītu, smilti, saldūdens kaļķiezi u. c. Krāsu zemes ir dzeltenīgas, dzeltenīgi brūnas, pat koši sarkanas. Tās veidojas, pazemes ūdeņiem plūstot cauri smilšakmeņiem, dolomītiem un citiem iežiem, kuros ir dzelzs savienojumu piejaukums, tādējādi tās bagātinās ar dzelzi. Vietās, kurās pazemes ūdeņi izplūst Zemes virspusē (kāpjošos avotos u. c.), dzelzs hidroksīdi saskarē ar gaisu strauji oksidējas un izgulsnējas.

Dzelzs un mangāna konkrēcijas ir plaši sastopamas jūru un okeānu dibenā, īpaši vietās ar ļoti zemu sedimentācijas ātrumu, bet kur ūdens augšējos slāņos ir spēcīgas straumes. Okeānos dzelzs un mangāna konkrēcijas veidojas vidusokeāna grēdu un citu pacēlumu nogāzēs, kā arī abisālos līdzenumos. Līdzīgas konkrēcijas sastopamas dažos mērena klimata ezeros un jūras seklūdens areālos, tādas labi zināmas ir arī Rīgas līča centrālajā daļā. Dzelzs un mangāna konkrēciju izmēri ir 1 mm–1 m, vidēji 3–7 cm, to raksturīga forma ir sfēriskā, plātņaina, klaipveida. Visbiežāk tās ir nenoteiktas formas melnas graudainas un zemjainas masas, kārtas un garozas.

4.5.2.3. Mangāna minerālu nogulumieži

Minerālu sakopojumus nogulumiežos mangāns veido daudz retāk nekā alumīnijs un dzelzs, tomēr dažkārt sastopami mangāna rūdu minerālu sakopojumi un ieži ar mangāna saturu 15–35% (no masas). Ar mangānu bagāti nogulumi veidojas ļoti līdzīgi nogulumu dzelzsrūdām.

Izplatītākie mangāna minerāli nogulumiežos ir oksīdi un hidroksīdi (psilomelāns, piroluzīts, manganīts), kā arī karbonāti (rodohrozīts, mangānkalcīts). Kopā ar šiem minerāliem nogulumu mangāna rūdās sastopami dzelzs oksīdi un hidroksīdi, šamozīts, glaukonīts, kalcīts, māla minerāli un klastisko minerālu piejaukums (visbiežāk – ar kvarcu, laukšpatu un vizlu). Galvenais mangāna avots ir magmatisko un metamorfo iežu dēdēšana, daudz mazāk – vulkāniskie procesi. Mangānam piemīt vāja migrētspēja, tomēr upes un citi saldūdeņi pārnes mangānu uz jūru galvenokārt koloidālo šķīdumu veidā, mazāk – īstajos šķīdumos. Tālāk mangāna savienojumi izgulsnējas no jūras ūdens.

Latvijā nav zināmi nozīmīgi mangāna minerālu sakopojumi. Reti tie novērojami dolomītu un kaļķakmeņu plaisās un noslāņojuma virsmās kopā ar dzelzs oksīdiem un hidroksīdiem kā mangāna oksīdu un hidroksīdu dendrīti. Retāk šādi dendrīti ir uz kvartāra nogulumu oļiem un grants graudiem.

4.5.2.4. Silicīti (krami, kramieži)

Silicīti ir hemogēni, biohemogēni un biogēni nogulumieži, kas sastāv galvenokārt no SiO_2 . Tos nedrīkst sajaukt ar drupu iežiem – smilšakmeņiem un aleirolītiem, kuri dažkārt arī sastāv no tīra kvarca. Silicītu veidojošie pamata minerāli ir opāls, halcedons, kvarcs un kristobalīts, kā piejaukumus dažkārt sastopams arī kalcīts, dolomīts un siderīts, arī kvarca drupu graudi. Silicītu nogulas ir plaši izplatītas mūsdienu okeānu abisālajos līdzenumos ļoti lielā dziļumā.

Pie *hemogēnajiem silicītiem* ir pieskaitāmi geizerīti, krama tufi, krama konkrēcijas, liela daļa jašmu un ftanīti.

Geizerīti un krama tufi ir gaiši poraini ieži, kas sastāv no opāla un veido neregulāras formas, satecējumus un garoziņas. Krama tufi arī mūsdienās veidojas no karsto avotu ūdeņiem, geizerīti – no geizeru ūdeņiem. Geizerīti un krama tufi bieži konstatējami mūsdienu vulkānisma apgabalos.

Krama konkrēcijas (krami) ir blīvi un mehāniski izturīgi ieži ar glie-mežnīcas lauzumu. To krāsa ir ļoti dažāda, lielākoties tie ir pelēkā un melnā krāsā. Krama konkrēcijas visbiežāk sastopamas karbonātiežos, kur to izmēri mainās no milimetriem līdz aptuveni 50 centimetriem. Krama konkrēcijas ir orientētas slāņojuma virzienā, bieži veido

it kā virknes, kas var saplūst pat vienlaidu slāņos. Organismu atliekas šajos veidojumos atrodamas reti. Uzskata, ka krama konkrēcijas ir veidojušās pēcsedimentācijas procesos, pārgrupējoties silīcija savienojumiem, kas sākotnēji bijuši nogulās izkliedētā veidā.

Jašmas sastāv no halcedona, dažkārt arī no kvarca, un ir būtiski izmainījušas savu sākotnējo uzbūvi pēcsedimentācijas procesos. Tie ir blīvi, masīvi un cieti ieži ar ļoti nevienādu plankumainu nokrāsojumu. Jašmu krāsa ir ļoti daudzveidīga – zaļa, brūna, sarkana, pelēka un melna. Bieži jašmas ir daudzkrāsainas, un ir novērojamas joslas un plankumi ar atšķirīgu krāsu. Šis silīcītu paveids ir ļoti izmainījies pēcsedimentācijas procesos, tāpēc to ģenēze nav droši zināma, vis ticamāk, ka tās ir veidojušās jūrās vai okeānos.

Ftanīti (sinonīms – lidīti) ir reti sastopami melni vai tumšpelēki, joslaini vai viendabīgi ieži, kam bieži raksturīga slāņota tekstūra. Tie sastāv no kvarca un halcedona ar pāroglota materiāla, grafīta un sulfīdu minerālu piejaukumu. Organismu atlieku tajos ir maz. Ftanītu veidošanās apstākļi nav droši zināmi, un tiek uzskatīts, ka tie ir līdzīgi jašmām.

No *biohemogēnajiem silīcītiem* plašāk izplatīti ir diatomīti, radiolarīti, spongolīti, trepeli un opokas.

Diatomīti ir ļoti viegli, gaiši un mehāniski neizturīgi ieži ar sīkporainu uzbūvi. Tie ir baltas, pelēki baltas, dzeltenīgas krāsas irdeni, dažreiz vāji cementēti, ārēji atgādina kaolīna mālus vai krītu. Diatomīti sastāv no diatomeju planktona kramaļģu (diatomeju) čauliņām, kuras visbiežāk cementē opāls. Šie ieži bieži ir sīkslāņoti. Irdeno diatomītu paveidu agrāk sauca par infuzoriju zemi. Mūsdienās diatomīti plaši veidojas okeānu dziļūdens ieplakās, īpaši to polārajos reģionos, retāk – ezeros. Svarīga diatomītu atšķirības pazīme ir sīkporainums, kā dēļ tie līp pie mēles. Ārēji ļoti līdzīgi diatomītiem ir trepeli, kas atšķiras ar to, ka veidoti no sīkiem apaļiem opāla graudiņiem, kurus var saskatīt ar labu lupu.

Radiolarīti ir ieži ar slāņotu, bieži sīkslāņotu tekstūru ar baltu, gaiši pelēku vai tumšpelēku krāsu. Tie sastāv no opāla, kurā ir izkliedēts daudz radiolāriju (vienšūnas planktona organismi) čauliņu. Radiolarītos gandrīz vienmēr ir māla, organiskās vielas un dzelzs sulfīdu piejaukums. Mūsdienās radiolarīti veidojas ekvatoriālajos reģionos okeānu dziļūdens ieplakās.

Spongolīti ir balti, gaiši pelēki, zaļganpelēki līdz tumšpelēki poraini ieži, kurus veido sūkļu spīkulas un opāla cements, tie bieži satur arī smilts, aleirīta un glaukonīta piejaukumu. Mūsdienu jūras nogulumos spongolīti veidojas 200–500 metru dziļumā.

Trepeli ir viegli pilnīgi balti vai gaiši pelēki no opāla mikroskopiskām lodītēm veidoti ieži. Gandrīz vienmēr trapeli satur arī diatomejas un sūkļu spīkulas (sūkļu adatas). Iezīm raksturīgs, ka tā cementu arī veido opāls. Tiek uzskatīts, ka trepeli ir veidojušies no diatomītiem un spongolītiem pēcsedimentācijas procesos.

Opokas ir ļoti līdzīgas trepeliem, atšķiras tikai ar tumšāku krāsu (pelēka, dzeltenīgi pelēka, zaļganpelēka un pat melna), lielāku blīvumu un augstāku mehānisko izturību. Tās sastāvā ir opāls un halcedons, dažreiz arī māla daļiņas. Palielinoties māla daudzumam, opokas pārvēršas mālu iežos. Opoku veidošanās ir līdzīga trepeliem, tikai tās nozīmīgāk ir pārvērtuši vēlākie pēcsedimentācijas procesi.

4.5.2.5. Fosforīti

Dabā fosfors ir visos iežos. Ja iežos ir vairāk nekā 19,5% P_2O_5 , tos sauc par *fosforītiem*; ja vairāk nekā 7,8% P_2O_5 – *fosfātiskiem iežiem*. Fosforītu pamatkomponenti ir kalcija fosfātu minerāli – fluorapatīts, hlorapatīts, hidroksilapatīts un karbonātopatīts. Šiem minerāliem ir raksturīga plaša ķīmiskā sastāva daļu aizvietošanās, piesaistot ne tikai vanādiju, stronciju un svinu, bet arī urānu, cēriju un lantānu. Ar fosforu bagātos iežos ir arī dzelzs fosfātu minerāls vivianīts (sastopams purvos arī Latvijā).

Nogulumiežos koncentrētā un saistītā fosfora sākotnējais avots ir magmatisko iežu minerālu (apatītu u. c.) dēdēšana. Vēlāk fosfora aprītē liela loma ir organismu darbībai, jo fosfātu savienojumi nogulsējas galvenokārt organogēnā ceļā. Nogulumiežos izdala vairākus fosforītu paveidus: *organogēnie fosforīti* (sastāv no organismu čauliņām un skeletiem), *aizvietošanās jeb metasomatiskie fosforīti* (veidojas, fosfātu minerāliem aizvietojojot kalcītu kaļķakmeņos), *atliku jeb karsta fosfāti* (pārsedz karsta procesu pārveidotu kaļķakmeņu slāņu virsmu), *konkrēciju fosforīti* (sastāv no dažādu izmēru konkrēcijām), *pārgulsnētie jeb oļu fosforīti* (veidojas fosfātisku iežu pārskalošanas ietekmē) un *slāņu fosforīti* (veido slāņus).

Fosfātisko nogulumu krāsa ir melna, brūna, balta, dzeltena un sārta, ieži var būt gan cietā, gan irdenā stāvoklī. Šo iežu struktūra visbiežāk ir slēptkristāliska, tekstūra – blīva, vienveidīga vai poraina. Fosfātiskos nogulumiežus makroskopiski bieži var sajaukt ar smilšakmeņiem, jašmām, kaļķakmeņiem, dolomītiem un citiem iežiem. Tāpēc tos noteikt pēc vizuālām pazīmēm nav vienkārši, tomēr ar amonija molibdāta $\text{NH}_4(\text{MoO}_4)_2$ šķīdumu slāpekļskābē var viegli konstatēt fosfātus pat lauka apstākļos.

Pie fosfora nogulumiežiem pieder arī ar vivianītu bagāti nogulumi. Tīrs minerāls ir bezkrāsains, bet gaisā tas strauji oksidējas un iegūst koši zilu, tad pelēki zilu vai melni zaļganu nokrāsu, līdz minerāls kļūst neizteiksmīgi gaiši pelēks.

4.5.2.6. Karbonātieži

Karbonātieži ir visizplatītākie ķīmiskās un bioķīmiskās izcelsmes nogulumieži. Tie veidojas, minerāliem izgulsnējoties no ūdens šķīdumiem vai uzkrājoties organismu karbonātu sastāva čaulām un skeleta daļiņām. Parasti tie ir monominerāli kalcīta vai dolomīta ieži ar nelielu autigēno minerālu un drupu piemaisījumu. Dabā karbonātieži sastopami galvenokārt slāņu veidā, un šādu slāņkopu biezums var sasniegt daudzu simtu metru biezumu.

Karbonātieži ir nogulumieži, kuros karbonātu minerālu saturs pārsniedz 50%. Karbonātiežus veidojošie minerāli galvenokārt ir kalcīts un dolomīts, mūsdienu nogulumos – pārsvarā aragonīts un magneziālais kalcīts, ļoti reti – ankerīts, siderīts, magnezīts un rodohrozīts. Ļoti bieži karbonātiežu sastāvā ietilpst arī nekarbonātisks drupu materiāls (aleirīts un smilts), autigēnie minerāli (opāls, halcedons, kvarcs, anhidrīts un ģipsis, retāk – celestīns un barīts, kā arī glaukonīts un laukšpati).

Karbonātiežus tradicionāli klasificē pēc kristālu izmēriem, struktūras un ģenēzes, bet ir zināmas arī daudz komplicētākas klasifikācijas shēmas. Lai raksturotu karbonātiežu sīkkristālisko komponenti, plaši izmanto terminu *mikrīts*. Mikrīts ir karbonātiskais materiāls ar kristālu izmēriem 0,001–0,004 mm, taču tā pētījumi nav iespējami ar makroskopiskām metodēm.

Kaļķakmeņi ir poliģenētiska iežu grupa, jo dabā sastopami gan organogēni, gan hemogēni, gan drupu kaļķakmeņi. Tāpēc to sastāvs

un struktūra ir daudzveidīga. Visbiežāk homogēnais, organogēnais un drupu karbonātiskais materiāls uzkrājas kopā un veidojas līdzīgos apstākļos – jūru un okeānu šelfa zonā karsta klimata apstākļos.

Kaļķakmeņi ir kalcīta ieži, kuros šis minerāls veido vairāk nekā pusi no kopējā ieža apjoma. Piejaukumā var būt arī mālais vai drupu materiāls, dolomīts, dzelzs minerāli, glaukonīts, arī citi minerāli un organismu atliekas. Tīru kaļķakmeņu krāsa ir balta, ļoti gaiši zilganpelēka vai dzeltenpelēka, bet piemaisījumi var tos krāsot citās krāsās, pat melnā. Kaļķakmeņu struktūra – no slēptkristāliskas līdz kristāliski graudainai, oolītiska, biomorfa, tekstūra ļoti daudzveidīga – paralēlslāņaina, masīva, lielporaina, kavernoza. Ieža porainība var mainīties no procenta daļām blīvākajos iežos līdz 50–60 procentiem.

Organiskās izcelsmes kaļķakmeņu paveids ir **krīts**. Tas ir baltas krāsas iezis, kas sastāv no sīkām, salīdzinoši vāji cementētām mikroorganismu čaulām un apvalkiem. Krīta cementu veido ķīmiskas izcelsmes kalcīts, tāpēc krītu dažreiz pieskaita pie jauktas izcelsmes nogulumiežiem.

Savdabīgs kaļķakmeņu paveids ir **oolītu kaļķakmeņi**. Oolīti ir lodveida vai elipsveida, retāk nepareizas formas veidojumi ar koncentrisku vai koncentriski radiālu uzbūvi. To izmēri ir no milimetra simtdaļām līdz dažiem milimetriem. Oolītu kodolā bieži ir smilšu graudiņš vai arī kāda organisma čaulas fragments.

Raksturīgs kaļķakmeņu paveids ir **rifu vai biohermu kaļķakmeņi**. Tie veidojas, dažādiem jūras organismiem kopīgi dzīvojot tropiskas jūras apstākļos līdz aptuveni 60 metru dziļumā. Šiem organismiem ejot bojā, šeit uz vietas uzkrājas to karbonātiešie skeleti, to fragmenti un atlūzas. Galvenie rifu veidotāji organismi ir koraļļi, sūkļi un aļģes. Rifi un biohermi ir vaļņiem līdzīgi veidojumi, kas bieži norobežo lagūnas no atklātas jūras.

Kaļķakmeņi veidojas arī kontinentālos apstākļos. Mūsdienās kontinentālie karbonātieži ir samērā plaši izplatīti, bet tie ir reti senākos nogulumos, jo kontinentālie nogulumi vāji saglabājas – ar laiku tie tiek denudēti. Raksturīgs mūsdienu kaļķakmeņu paveids ir kvartāra avotu un ezeru nogulumos sastopamie irdeni, miltveida, graudaini un cementēti karbonātieži. Ja tiek raksturota visa šo karbonātiežu grupa kopā, tad tos vajadzētu saukt par **saldūdens kaļķiežiem**. Atsevišķi novērtējot irdenos, miltainos un graudainos paveidus (ezeros

izgulsnējušies paveidi), jālieto termins saldūdens kaļķi, avotu veido-tajiem saistītajiem un blīvajiem paveidiem – šūnakmeņi. Saldūdens kaļķiežiem raksturīgs arī smilts un māla daļiņu piejaukums pat līdz 20–30%, kā arī organiskie piemaisījumi (tostarp augu un dzīvnieku atliekas), kas nereti ļauj izdalīt mālainus, smilšainus un kūdrainus paveidus.

Eolas karbonātiskas smiltis veido barhanus un kāpas Bermudu sa-lās, Sarkanās jūras salās, Arābijas pussalā, Floridā un citos reģionos. Tās veidojušās, vējam pārpūšot iepriekš izgulsnētu karbonātisku ma-teriālu.

Dolomīti ir ļoti plaši izplatīti visā pasaulē. Tie sastāv no tāda paša nosaukuma minerāla – dolomīta. Par dolomītiem sauc iežus, kuru sastāvā ir vairāk nekā 50% minerāla dolomīta. Dolomīta krāsa ir gaiši pelēka, pelēka ar dzeltenu, brūnganu, zaļganu nokrāsu, bieži raibi krāsaina, retāk ļoti gaiša, dzeltenbalta. Pēc ārējā izskata dolomī-tus atšķirt no kaļķakmeņiem parasti nav iespējams. To struktūra ir slēptkristāliska vai kristāliska, parasti smalkgraudaina, tekstūra – slā-ņaina, masīva, poraina, caurumaina, dažreiz brekčijveida. Dolomīts dažādas organismu atliekas vai pārakmeņojumus satur daudz retāk nekā kaļķakmeņi. Porās un kavernās nereti veidojas kalcīta kristāli, drūzas, žeodas, kā piejaukumi nereti sastopams pirīts un citi sulfīdu minerāli, kas laika gaitā var pārvērsties oksīdu un hidroksīdu mine-rālos – hematītā un limonītā. Īpatnējs dolomīta paveids ir dolomīt-milti – irdeni vai blīvi sīku dolomīta graudiņu sakopojumi, kas veido starp cietajiem dolomītiem starpslāņus vai lēcveida iegulas nereti vairāku desmitu centimetru biezumā.

Ilgus gadus bija dažādi viedokļi par dolomīta veidošanos. Tagad uzskata, ka dolomīts veidojas sākotnējo kalcija karbonātu minerālu (kalcīta un aragonīta) aizvietošanās procesā.

Mergēļi ir jaukta sastāva mālaini karbonātiski ieži, kas veidojas jūras baseinos, lagūnās un saldūdens ezeros. Vairākums pētnieku par mergēļiem sauc iežus, kuri sastāv no 50–75% karbonāta un 25–50% māla un aleirīta. Karbonātiskā un nekarbonātiskā materiāla attiecī-bas iežī parasti ir vienmērīgas, bet graudi ir tik sīki, ka apskatāmi tikai laboratorijas apstākļos. Mālaini karbonātiskos iežus, kuru kar-bonātisko komponentu veido kalcīts, sauc par mergēļiem; tos iežus, kuros kopā ar mālu ir dolomīts, – par *dolomītmergēļiem* (Latvijā un

lgaunijā tos mēdz saukt arī par domerītiem). Merģeļi un dolomīt-merģeļi parasti ir cieti ieži pelēkā, brūnganpelēkā vai zaļganpelēkā, arī brūnā, sarkanbrūnā krāsā. Ārēji ļoti līdzīgi blīviem slēptkristāliskiem kaļķakmeņiem un dolomītiem, bet atšķiras ar to, ka, reaģējot ar sālsskābi, pārklājas ar māla plēvīti. Cietajiem dolomītmerģeļiem bieži ir plāksņaina uzbūve – uzsitot ar āmuru, tie sašķeļas slāņojuma virsmām paralēlos virzienos. Izplatīti arī merģeļi, kuru makroskopiskā struktūra un izskats ir ļoti līdzīgs māliem, tie atšķiras tikai pēc reakcijas ar sālsskābi.

4.5.2.7. Evaporīti

Evaporīti ir hemogēni nogulumieži, kas veidojas, ūdens iztvaikošanas gaitā nogulsņējoties labi šķīstošiem minerāliem, tāpēc tos sauc arī par sāļiem. Evaporīti ir tipiski arīda klimata nogulumieži. Evaporītu krāsa parasti ir gaiša – balta vai pelēka, taču reizēm tā ir pat ļoti koša un neparasta, ko nosaka dažādi piemaisījumi; tā ir zila, dzeltena, sarkana vai tumšpelēka. Evaporītu kristālu izmēri ir ļoti dažādi – no slēptkristāliskiem līdz pat ļoti rupjkristāliskiem. Kristālu forma arī ir daudzveidīga – izometriskā, plāksnīšveida, adatveida, dažkārt ar gludām malām, citreiz malas ir izrobotas. Pazīstamākie evaporītu minerāli ir ģipsis, anhidrīts, halīts, silvīns, karnalīts, kainīts, mirabilīts un soda, specifiskos apstākļos veidojas arī retāk sastopami nitrāti un borāti. Kā piemaisījums evaporītos ir māls, retāk aleirīti un smilts.

Mūsdienās daļa evaporītu veidojas kontinentālos ezeros, jūras baseinu piekrastē, bet visplašāk – evaporītu lagūnās (piemēram, Karabogazgola līcī Kaspijas jūrā).

Ģipši nav sevišķi izplatīti, taču tas ir raksturīgs evaporītu nogulumiežis, tas ir viegli nosakāms arī lauka apstākļos. Vispārpieņemts ir ģipša iežu iedalījums kārtainajos un šķiedru ģipšos.

Kārtainie ģipši sastāv no gaišāku (balto un gaiši pelēku) un tumšāku (gaišbrūnu, brūnu, tumšbrūnu) sīku vai nelielu, līdz dažiem centimetriem biezu, ģipša slānīšu kārtojuma. Šie slānīši nav izturēti un bieži izķīlējas. Tumšākajos slānīšos ģipša plāksnīšveida kristālu orientācija ir haotiska, bet gaišākos slānīšus veido šķiedru ģipsis vai arī viendabīgs sīkkristāliskis ģipsis. Kārtainajos ģipšos bieži vērojamas arī līdz 3 cm lielas ģipša rozetes, kuras veido no kopīga centra

auguši brūni, plāksnīšveida kristāli. Īpatnējs paveids ir dolomītģipsis – pelēks blīvs, viendabīgas uzbūves iezis, kas veidots no ģipša kristāliem, kuri satur ļoti daudz mikroskopisku dolomīta graudiņu ieslēgumu. Tie iezim piešķir pelēkajam dolomītam līdzīgu izskatu.

Šķiedru ģipši (sinonīms – selenīts) sastāv no paralēliem adatveida kristāliem, kas auguši perpendikulāri slāņu robežām. Šis ģipša paveids ir balts, gaišpelēks, retāk sārts un oranžs. Šķiedru ģipsis sastopams līdz 20 cm biezās slāņos, un tajos nereti var novērot zilganpelēkus un pelēkus celestīna konusveida ieslēgumus (celestīna konusi). Nereti atsevišķi apskata *graudaino ģipsi* (sinonīms – alabastrs). Tas parasti ir balts vai iedzeltens, retāk sniegbalts, kristāliski graudains, dažreiz ļoti blīvs iezis. Tekstūra ir masīva, slāņus veido reti, parasti sastopams lēcveida vai nepareizas formas ieslēgumu veidā citos iežos.

Anhidrīti ir minerāla anhidrīta ieži. Parasti tie ir gaišpelēki vai pelēki ar raksturīgu iezilganu nokrāsu, var būt zaļgani, retāk balti. Anhidrītu struktūra ir kristāliski graudaina, parasti smalkgraudaina, tekstūra – masīva. Veido slāņus vai lēcveida formas iegulas. Kontaktā ar pazemes ūdeņiem anhidrīti hidratizējas un pārvēršas ģipšos, palielinoties ieža tilpumam.

Akmeņsāls ir balts vai bezkrāsains halīta iezis, piemaisījumu dēļ tas var būt arī pelēkā, sarkanā vai zilā krāsā. Var saturēt daudz drupu materiāla, nereti sastopams kārtās ar anhidrīta slāņiem. Akmeņsāls struktūra ir kristāliski graudaina, tekstūra – parasti masīva, daudz retāk ar slāņojuma pazīmēm. Šie nogulumieži var veidot daudzu desmitu, pat simtu metru biezus slāņus. Iezim ir raksturīga sāļa garša.

Silvinīts ir sarkans vai dzeltenīgi sarkans silvīna iezis, kura sastāvā vienmēr ir arī halīts, var būt arī anhidrīta, mālu minerālu un drupu materiāla piejaukums. Silvinīts struktūras un tekstūras ziņā neatšķiras no akmeņsāls, ar kuru silvinīts vienmēr ir kopā. Iezim raksturīga sāļa, rūgti sāļa garša.

4.5.3. Kaustobiolīti

Terminu kaustobiolīti (vēsturiskais sinonīms – degakmens, sinonīms – kaustolīti) 1910. gadā ieviesa H. Potoni, vairāk nekā 30 grupās klasificējot visus degošos organiskas izcelsmes iežus. Mūsdienās šo terminu izmanto ierobežoti, un par kaustobiolītiem tiek uzskatīti

bioķīmiskas izcelsmes degoši ieži, kas radušies, uzkrājoties un pārveidojoties dažādām augu vai dzīvnieku organismu atliekām. Izplatītākie ir kūdra, sapropelis, degslānekļi, ogles, nafta, bitumi un dabasgāze, un tos parasti iedala divās lielās grupās: 1) kūdra, sapropelis, degslānekļi, ogles; 2) nafta, bitumi, dabasgāze.

4.5.3.1. Kūdra, sapropelis, degslāneklis un ogles

Kūdra sastāv no augu atliekām ar dažādu sadalīšanās pakāpi. Sausā veidā satur ne mazāk kā 50% organisko vielu, bet tās daudzums var būt 80–90% un pat vairāk. Pēc veidošanās apstākļiem izdala *augsto purvu, zemo purvu* un *pārejas purvu kūdru*. Šie trīs paveidi atšķiras sastāva, kvalitātes un izmantošanas ziņā. Kūdras *paveidus izdala pēc to sastāvā dominējošām augu atliekām* (piemēram, grīšļu kūdra, sfagnu kūdra). Ja tās sastāvā dominē divu vai trīs veidu augu atliekas, kūdrai tiek piešķirts dubults vai trīsdalīgs nosaukums (piemēram, koku–grīšļu, spilvu–koku–sfagnu kūdra). Augu atliekas ir nosakāmas pēc īpašiem noteicējiem, bet labāk saglabājušās daļas var pētīt arī ar lupu, kā arī izmantojot augu noteicējus, kuros ir attēli ar dažādām augu daļām.

Kūdras veidošanās laikā notiek ne tikai atmirušo augu daļu uzkrāšanās, bet arī to sadalīšanās līdz tumšai, amorfai organiskai vielai – humusam, kura saturs raksturo kūdras sadalīšanās pakāpi. To nosaka mikroskopiski. Kūdras sadalīšanās pakāpe ir atkarīga galvenokārt no kūdras veidotājaugu botāniskā sastāva un vides apstākļiem.

Dabiskās kūdras krāsa ir brūna līdz melna, mitrums 75–95%, tā satur līdz 50% minerālvielu (pelnu) un organisko daļu. Dabiski mitras kūdras blīvums ir 1400–1600 kg/m³, sausas – aptuveni 300 kg/m³, liela porainība (70–80%), vides reakcija tuva neitrālai (pH 5,5–7), augsta mitrumietilpība un spēja uzsūkt gāzes, gaissausu kūdras paraugu cietība ir 1–2. Kūdras struktūra ir šķiedraina (ja sadalīšanās pakāpe ir līdz 25%) un amorfa (ja sadalīšanās pakāpe ir augstāka par 50%).

Kūdra veidojas paaugstināta mitruma un apgrūtinātas gaisa pieplūdes apstākļos. Šādi apstākļi valda visdažādākajos ģeogrāfiskā platuma grādos: gan ekvatoriālajos reģionos, gan mērenā un pat polārā klimata zonās.

Sapropeli (sinonīms – gitija) ir dūņas, kas bagātas ar organiskajiem savienojumiem vai sastāv tikai no tiem. Uzkrājas dažādos baseinos

(purvos, ezeros, vecupēs, lagūnās), un to turpmākās sadalīšanās procesi notiek bezskābekļa vidē. Parasti organiskās vielas saturs sapropeļos ir 60–70%, un to veido galvenokārt planktona vienšūņu un aļģu atliekas, ar to sapropeļi atšķiras no kūdras, kurā dominē sūnas, zāle, meldri, koku zariņi un citas augu makroatliekas. Sapropeļi vienmēr satur arī klastiskā materiāla piejaukumus (10–50%) un dažādu autigēno minerālu ieslēgumus. Tāpēc dabā ir daudz sapropeļu paveidu, galvenie ir *mālaini*, *smilšaini*, *aleirītiski* sapropeļi, ir arī *kūdraini* sapropeļi. Visbiežāk sapropeļiem ir viendabīga vai sīkslāņota, plātņaina uzbūve, to krāsa parasti ir melna vai tumši pelēka.

Degslānekļi ir mālaini vai karbonātiski brūnganpelēki, pelēki vai zaļganpelēki, bieži sīkslāņoti degoši ieži. Tie satur organisko vielu, kas gandrīz nešķīst organiskajos šķīdinātājos, bet kuru var iegūt šo iežu sausā pārtvaicē. Organiskās vielas saturs degslānekļos vidēji ir 20–60%, un tā veidojas aļģu un zooplanktona (planktona dzīvnieku) sadalīšanās procesā. Degslānekļu organiskā viela sastāv galvenokārt no kerogēna, retāk – no bitumiem. Tīrākie degslānekļi (maz mālu vai karbonātu) viegli aizdegas no sērkokļa, deg ar melnu, piķainu liesmu un izdala degošas gumijas smaku.

Ogles ir ar organisko vielu bagāti stipri litificēti nogulumieži. Pēc izcelsmes ogles iedala divās grupās: humusogles (veidojas no zāļu, sūnu un citu augu atliekām) un sapropeļogles (veidojas no planktona vienšūņiem un aļģēm). Izplatītākās ir humusogles, kas veidojas no kūdras bioķīmiskas pāroģļošanās procesā. Pieaugot pāroģļošanās pakāpei, kūdra sākumā pāriet *brūnoglēs*, pēc tam *akmeņoglēs* un visbeidzot *antracītos*. Tādā pašā secībā pieaug oglekļa saturs, blīvums, cietība, antracītam ir pat gliemežnīcas laužums. Mainās arī krāsa – no gaiši brūnas līdz tumši pelēkai – un spīdums – no taukaina vai vaska līdz pat metāliskam tērauda spīdumam. Šo pakāpenisko pāreju dēļ makroskopiski nav iespējams droši noteikt ogļu piederību pie brūnoglēm vai akmeņoglēm, kas nepilnīgi izveidojušās.

Sapropeļogles ir daudz retāk izplatītas nekā humusogles. Tās ir veidojušās sapropeļa pēcsedimentācijas izmaiņu ietekmē. Sapropeļogles veidošanās apstākļu un sastāva ziņā ir līdzīgas degslānekļiem, kas arī veidojušies sapropeļu izmaiņu ietekmē, taču sapropeļoglēm ir augstāks organiskās vielas saturs, jo tās veidojušās no sapropeļiem ar mazāku māla vai karbonātu piejaukumu.

4.5.3.2. Nafta, bitumi, dabasgāze

Nafta ir eļļains melns vai tumši brūns, retāk bezkrāsains šķidrums, kas satur ogļūdeņražus. Tas ir šķidru, gāzveida vai cietu ogļūdeņražu maisījums. Naftas atradnēs vienmēr notiek šo komponentu nodalīšanās pēc tilpummasas – cietie apakšā, šķidrie – vidū, gāzveida – augšā. Nafta sastāv no trim ogļūdeņražu grupām, kuras veido parafīni, naftēni un aromātiskie ogļūdeņraži. Naftas izcelsme nav droši zināma, bet tiek uzskatīts, ka tās cilmieži pārsvarā ir bijuši mālaini un karbonātiski jūras nogulumi ar paaugstinātu organiskās vielas saturu. Pēc tam kad nafta ir izveidojusies no cilmiežiem, tā migrē cauri porām un plaisām, kamēr nonāk naftu uzkrājošo iežu (kolektoriežu) slāņos.

Asfalts ir brūngani melns, ciets vai viskozs iezis, kuru veido ogļūdeņražu maisījumi ar augstu (līdz 80%) oglekļa saturu. Asfalts veidojas, oksidējoties naftai. Parasti sastopams smilšakmeņu, kaļķakmeņu un merģeļu porās vai plaisās, retāk veido atsevišķas iegulas. Deg ar kūpošu liesmu.

Ozokerīts (sinonīms – kalnu vasks) ir zaļgans vai dzeltenbrūns, tumši brūns, mīksts vai daļēji plastisks iezis, kurā ir līdz 85% oglekļa. Tas kūst 58–85 °C temperatūrā, tam ir gliemežnīcas un skabargains lūzums. Ozokerīts ir izplatīts dzīslu, retāk slāņu veidā. Raksturīgs vaska spīdums. Ja to aptausta ar pirkstiem, ozokerīts šķiet taukains. Deg ar spilgtu liesmu.

Dabasgāze veidojas līdzīgi naftai – galvenokārt, sadaloties nogulumiežos izkļiedētajai organiskajai vielai. Ir divi galvenie gāzes veidi: *sausā gāze* (sastāv no metāna un etāna – tā ir saistīta ar ogļu atradnēm) un *mitrā gāze* (satur metānu, etānu un vairāk nekā 50% arī propāna un butāna). “Mitrās” gāzes veidošanās ir cieši saistīta ar naftas atradnēm un bieži atrodas šo iegulu augšdaļā, jo ir vieglāka par naftu. Šim dabasgāzes paveidam ir galvenā saimnieciskā nozīme. Abu dabasgāzu veidi kā piemaisījumus satur sērūdeņradi, ogļskābo gāzi, slāpekli, hēliju un citas gāzes, arī ūdens tvaikus.

4.5.4. Piroklastiskie ieži

Vulkānu izvirdumu laikā Zemes virspusē nonāk cietie, šķidrie un gāzveida vulkanogēnie produkti – akmeņi, pelni, lavas plūsmas, karstie avoti un citi. To cietās daļiņas (piroklasti) uzkrājas kontinentālos

vai baseinu apstākļos, kur tiek pakļautas ūdens un vēja transportējošajai un šķirojošajai darbībai. Vulkanogēnie produkti dažādās proporcijās sajaucas ar dēdēšanas procesu veidoto klastisko nogulu materiālu, un veidojas jauni ieži.

Par vulkanogēniem nogulumiežiem tiek saukti nogulumi, kas sastāva ziņā ir vidēji starp dēdēšanas produktu drupu nogulumiežiem un efuzīviem magmatiskajiem iežiem. Ja vulkāniskas izcelsmes materiāla ir puse vai vairāk, iežus sauc par mālainiem, aleirītiskiem vai smilšainiem tufiem. Iežus ar efuzīvā materiāla saturu 20–50% dēvē par tufogēniem māliem, tufogēniem aleirolītiem, tufogēniem smilšakmeņiem un tamlīdzīgi.

Vulkanogēno produktu rupjuma (granulometriskās) frakcijas izdala atšķirīgi no tradicionālā klastisko graudu izmēru dalījuma, un tām ir savi nosaukumi. Ir vairāki desmiti šādu klasifikāciju. Gabali jeb blāķi (šķautņaini) un bumbas (apaļas) ir daļiņas, kuru izmēri pārsniedz 32 mm. Iežus, kas sastāv no blāķiem, sauc par vulkāniskajām brekčijām; iežus, kas sastāv no bumbām, – par aglomerātiem. Smalkākas daļiņas, kuru izmēri ir 4–32 mm, ir lapilli, to atbilstošie nogulumieži – lapillu tufi. Par vulkāniskajiem pelniem sauc daļiņas, kas ir mazākas par 4 mm; to veidotos nogulumiežus – par tufiem.

Tufi ir gandrīz “tīri” vulkāniskas izcelsmes ieži, kuros piroklastiskais materiāls veido ne mazāk kā 90% no kopējā ieža apjoma. Atšķirībā no tiem *tufītiem* ir jaukts sastāvs, un tos veido 50–90% vulkāniska materiāla un 10–50% drupu materiāla. Ārējā izskata ziņā šie ieži ļoti daudzveidīgi. Tie ir pelēki, melni, zaļgani, zilgani, sārti un citās krāsās, arī to struktūra ir dažāda – no pelītiskas līdz psefītiskai. Piroklastiskā materiāla atsevišķu graudiņu izmēri var būt ļoti atšķirīgi – no graudiņiem, kuru lielums ir milimetru daļas, līdz vulkāniskajām bumbām, kuru diametrs var pārsniegt pat vairākus metrus. Ja piroklastisko iežu sastāvdaļu izmēri pārsniedz 3 cm, iežus parasti sauc par *tufobrekčijām* (šajā iezī ir jābūt ne mazāk par 25% piroklastiskā materiāla). Tufobrekčiju tekstūra ir masīva vai ar rupja slāņojuma pazīmēm un tikai dažreiz poraina, tām kopumā ir raksturīga nelīdzena, asa lūzuma virsma. Tufus un tufītus var viegli sajaukt ar smilšakmeņiem, bet tos var viegli nošķirt pēc minerālu sastāva (tufītos dominē plagioklāzi, smilšakmeņos – kvarcs), kā arī graudiņu noapaļojuma (piroklastiskajos nogulumos graudiņi nav noapaļoti). Piroklastiskie

ieži gandrīz vienmēr ir cieti ieži, un tajos makroskopiski var pat noteikt, kā sākotnēji irdenais vulkānisko pelnu materiāls ir uzkrājies, kā tas ir sablīvējies, vēlāk daļēji pārkristalizējies un cementējies.

Atsevišķu piroklastisko iežu apakšgrupu veido **tufonogulumieži** (tufosmilšakmeņi un tufoaleirolīti), kas satur ne vairāk kā 20–50% piroklastisko materiālu. Ārēji tie ir līdzīgi citiem drupu nogulumiežiem, un tos tā arī klasificē. Ja ir iespējams droši noteikt piroklastiskā materiāla klātbūtni un novērtēt to lielāku par 10% tilpuma, tad drupu ieža nosaukumu veido atbilstoši graudu izmēram, pievienojot tam prievārdu “tufo-”. Tufonogulumieži visbiežāk uzkrājas jūrās, nelielā attālumā no vulkānu izvirdumu vietām, tiem ir raksturīga slāņaina tekstūra un graudiņu šķirojums pēc granulometriskā sastāva.

4.6. | Nogulumiežu noteikšana

Makroskopiski pētot nogulumiežus, ir jānosaka to veidojošo minerālu sastāvs, struktūra, tekstūra, cements, fosiliju klātbūtne un krāsa. Ērtāk ir, ja iežus nosaka vairākos secīgos posmos jeb soļos, kuros iegūtās zināšanas par iezi tiek sistemātiski papildinātas.

4.6.1. | Darba gaita

Darbu var organizēt četros soļos, kuru gaitā tiek noteiktas ieža īpašības. Noslēgumā tiek veidots ieža nosaukums.

Pirmajā solī nosaka iezi veidojošo minerālu sastāvu. Nosakot drupu iežus, ir jāpazīst kvarcs, laukšpati, vizlas, ragmāņi, piroksēni un karbonātu izplatītākie minerāli. Ķīmiskas un organogēnas izcelsmes ieži ir pārbaudāmi ar 10% hlorūdeņražskābi (sālsskābi), jānosaka kalcijs, bet neskaidrību gadījumā jāizmanto arī pārbaudes par fosfora klātbūtni. Jānoskaidro, vai iezi ir ģipsis un mālu minerāli.

Otrajā solī jānosaka ieža struktūra, tas ir, jānoskaidro graudu izmēri, vai tie ir noapaļoti. To veic, salīdzinot ar graudu rupjuma noteikšanas tabulām vai zem lupas salīdzinot konstatējamās izmērus ar lineāla atzīmēm. Vāji saistītu iezi var aptuveni noteikt, beržot to starp pirkstiem. Tā ir iespējams atšķirt rupjgraudainas (asas, šķautņainas) un smalkas smiltis, kā arī aleirītu daļiņas (pēc taustes atgādina miltus). Šajā posmā svarīgi ir konstatēt ieža cementāciju

(irdeni vai saistīti agregāti). Ja iezis ir cementēts, tad ir jānosaka tā sastāvs. Ja cements ir karbonātisks – to nosaka ar sālsskābi. Dzelzs oksīdus un hidroksīdus nosaka vizuāli (pēc brūnas, sarkanbrūnas krāsas), halcedona (nosaka pēc paaugstinātas cietības), mālais (pēc taustes, vizuāli aplūkojot zem lupas). Nosakot bioķīmiskas izcelsmes iežus, svarīgi ir papildus noteikt iezi veidojošo augu un dzīvnieku atliekas, tam paredzēti īpaši noteicēji un atlanti. Jānosaka arī graudu un drumslu izvietojums. To vizuāli novērtē, grupējot kā vienādi vai nevienādi graudainu, oolītu, brekčijveida un tamlīdzīgi.

Trešajā solī nosaka iežus veidojošo graudu izvietojumu telpā – tekstūru. Visbiežāk sastopama ir slāņaina, viendabīga, poraina, kavernoza un citāda tekstūra, tomēr tekstūras detalizēta vizuāla noteikšana nelielam ieža paraugam var būt kļūdaina, tāpēc nevajadzētu izdarīt priekšlaicīgus secinājumus.

Ceturtajā solī nosaka krāsu un detalizē atsevišķas pazīmes. Nogulumieži ir sastopami gandrīz visās pamatkrāsās, un nokrāsu dažādība ir ļoti bagāta. Krāsa ir jutīgs indikators, kas ļauj spriest par ieža veidošanās apstākļiem, piemaisījumiem iežī, kā arī pārmaiņām iežī pēc tā litifikācijas. Balta krāsa parasti norāda, ka tas ir viena vai dažu ļoti līdzīgu minerālu veidots iezis. Melna krāsa liecina par organiskās vielas un mangāna sāļu klātbūtni, sarkanie un brūnie toņi – par dzelzs hidroksīdu un hidroksīdu klātbūtni. Nosakot krāsu, ir svarīgi, lai tas tiktu darīts dienas gaismā svaigam paraugam, jo daudziem nogulumiežiem krāsa mainās žūstot un oksidējoties.

Noslēgums. Visi novērojumi ir dokumentējami. Beidzot ceturto soli, ir jāmēģina veidot ieža nosaukumu, kas salīdzināms ar tā aprakstu, kas sniegts iepriekšējās nodaļās, vai izmantojot kādus citus iežu noteicējus darbam lauka apstākļos.

4.6.2. | Vienkāršota nogulumiežu noteikšanas shēma

Nogulumiežu noteikšanas secību un svarīgākās diagnostiskās pazīmes var apkopot vienkāršotā piemēru analīzes shēmā. Tā gan nav pilnīga un precīza, bet norāda ceļu, kā ir veicama novērojumu organizēšana un analīze (sk. 16. tabulu).

16. tabula. Vienkāršota nogulumiežu noteikšanas shēma

Graudi un to sastāvs	Vienkāršas pazīmes	Iežu struktūra un citas pazīmes	Reaģē ar 10% hlorīdu ražskābi	Iespējamais ieža nosaukums
Drupu graudi – iežu un silīkātu minerālu fragmenti. Tiek saukti par terīgēniem nogulumiežiem	Šķautņaini graudi, > 2 mm, slikti šķiroti, iezis ir cementēts		+/-	Brekčija
	Grants un lielāka izmēra graudi, noapaļoti, slikti šķiroti, iezis ir cementēts		+/-	Konglomerāts
	Smilts izmēru graudiņi, var saturēt fosilijas	Graudus veido galvenokārt kvarcs		Kvarca smilšakmens
		Graudus veido galvenokārt laukšpati		Arkožu smilšakmens
		Graudus veido iežu atlūzas		Litiskais smilšakmens jeb mikrobrekčija
		Smilts graudiņi kopā ar ievērojamu aleirītu izmēru daļiņu sajaukumu		Vaki jeb grauvas
		Galvenokārt aleirītu izmēru daļiņas, var saturēt fosilijas, lūst gabalos vai plāksnītēs		Aleirīts
	Atsevišķi graudiņi nav saskatāmi, dominē mālu daļiņas. Viegli lūst plāksnītēs			Slānekļis
	Atsevišķi graudiņi nav saskatāmi, dominē mālu daļiņas. Lūst gabalos.			Argilīts

Graudi un to sastāvs	Vienkāršas pazīmes	Iežu struktūra un citas pazīmes	Reaģē ar 10% hlorīduņražskābi	Iespējamais ieža nosaukums
Bioloģisku un bioķīmisku nogulumu graudi, arī organismu atlieku fragmenti	Augu atliekas un ogļlītes	Brūns porains iezis ar vizuāli atšķiramām augu atliekām, viegli sadalās gabalos		Kūdra
		Pelēcīgi brūns traušls iezis, var būt atšķiramas arī atsevišķu augu atliekas		Brūnogles
		Melnš, slāņots, traušls iezis. Var smērēt rokas		Akmeņogles
	Satur gliemežvāku, korāļu, arī mikrofosiliju fragmentus	Smilts vai rupjākas daļiņas, gliemežvāku fragmenti, var saturēt arī atsevišķas lielāku izmēru fosilijas	+	Organogēni kaļķakmeņi
		Aleirītku izmēru graudiņi, zemjaina masa, smērē rokas, zem mikroskopa redzamas mikrofosilijas	+	Krīts

Graudi un to sastāvs	Vienkāršas pazīmes	Iežu struktūra un citas pazīmes	Reagē ar 10% hlorūdeņražskābi	Iespējamais ieža nosaukums
Neorganiskas cilmes minerālu kristāliņi vai ķīmiski veidojumi	Kalcīta kristāliņi vai lodītes, mikrokristālisks kalcīts vai aragonīts	Saspiesti vai apaļi graudi, atgādina sīkas (< 2 mm) lodītes, pērlītes Sīkkristāliska masa gaišā krāsā, reti var būt saskatāmi atsevišķi kristāliņi. Var būt kavernas, poras, arī viegli izteikts slāņojums	+	Oolītu kaļķakmens
	Lēni reagē ar skābi, labi tikai pulvera veidā. Gaišā krāsā, nereti atgādina kaļķakmeni vai mērgeli		+/-	Dolomīts
	Sāja garša, redzami atsevišķi kristāli, viegli lūst. Precīzam nosaukumam jānosaka minerāli			Akmenssāls
	Redzami atsevišķi gipsa kristāli, var ieskrāpēt ar nagu. Iezis pelēks, balts, var būt kārtains			Ģipšakmens
	Tumši krāsots, smags, amorfi ķīmiski veidojumi (limonīts) vai sīkkristāliski agregāti (gēīts, hematīts), var būt sarkanīgu vai tumši dzeltenu oksīdu kārtiņa (okers)		+/-	Purvu rūda, limonīts
	Slēptkristālisks iezis, gliemežnīcas laužums, stiklains spīdums. Cietis (skrāpē stiklu). Visbiežāk dažādos pelēkos toņos, tumši brūns, melns		+	Krams

Lai iespējami precīzāk noteiktu nogulumiežus, ir nepieciešamas ne tikai teorētiskas zināšanas, bet arī noteiktas iemaņas. Tās nosacīti var iedalīt divās lielākās grupās. Viena apskata dažādu paņēmienu apgūšanu, lai veiktu novērojums; otra – iemaņas novērot, salīdzināt un analizēt.

4.6.3.1. Novērojumu veikšana

Lai veiktu novērojumus, ļoti svarīgi ir pašam mēģināt un nebaidīties kļūdīties, nepieciešama pacietība vienu un to pašu paraugu vairākkārt pētīt, trenēt vizuālo un taustes atmiņu, kas var lietī noderēt iežu diagnostikā lauka apstākļos.

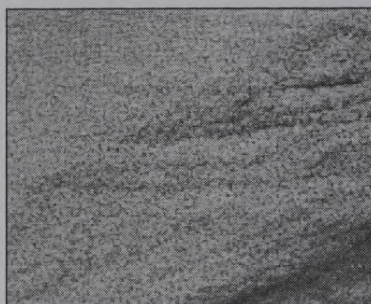
Daudzos simtos gadu, kopš iežus nosaka ar makroskopiskām metodēm, ir izstrādāti dažādi vienkāršoti paņēmieni, kā noteikt iežu īpašības un sastāvu, no kuriem daļa var būt visai noderīgi.

Īpašību noteikšana un salīdzināšana

Noteikt un salīdzināt īpašības visvienkāršāk ir kopā ar jau ievāktu kolekciju materiālu, kurā iežu īpašības jau ir noteiktas (zināmas). Kad kolekcijas materiāls iepazīts, sekmīgi var izmantot Venna salīdzinošo diagrammu metodi.

Katram salīdzināmajam paraugiem nosaka raksturīgās atšķirīgās īpašības un ieraksta tās atsevišķos apļos, kopējās īpašības fiksē aplu pārklājuma segmentā (sk. 10. attēlu). Viena apla aizpildījums jau ir zināms no kolekcijas parauga apraksta, bet svarīgi ir pašiem pārbaudīt savas prasmes, un tā ir laba paškontrolle. Otrajā aplī jāieraksta parauga īpašību novērtējums pēc oriģināliem. Šāda pieeja ļauj uzlabot ne tikai īpašību noteikšanas precizitāti, bet attīsta arī novērošanas un salīdzināšanas spējas.

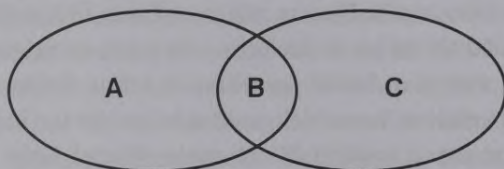
Drupu iežu graudu lieluma noteikšana ne vienmēr vizuāli ir vienkārši veicama, īpaši tad, ja iezis ir sīkgraudains. Ja iezis ir slāņots, tad svarīgi ir noteikt dominējošo graudu izmēru katram slānim atsevišķi. Lai vizuāli novērtētu graudiņu lielumu, ir jālieto kāda no salīdzinošajām skalām (sk. 11. attēlu) vai jāmēģina graudu lielumu novērtēt pēc kādiem salīdzināmiem lielumiem. Tā, piemēram, pierakstu burtnīcas



Pelēks sīkgraudains smilšakmens



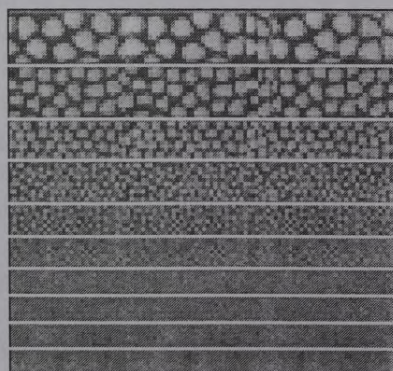
Gabro



10. attēls. Praktiskā darba veidošanas piemērs

Apzīmējumi: A – pirmā parauga raksturīgās īpašības; B – otrā parauga raksturīgās īpašības; C – abu iežu paraugu kopīgās īpašības

papīra loksnes biezums vienmēr ir mazāks par 0,1 mm, noasināta parastā zīmuļa gals ir 0,2–0,3 mm plats, lodīšu pildspalvas gals un līnijas resnums visbiežāk ir 0,5 mm (ja vien uz pašas pildspalvas nav norādīts cits lielums), bet 1 mm lieli un lielāki graudu izmēri vizuāli jau ir droši novērtējami.



Graudu izmēri

μ	φ
1410–2000	no –0,5 līdz –1,0
1000–1410	no 0,0 līdz –0,5
710–1000	0,5–0,0
500–710	1,0–0,5
350–500	1,5–1,0
250–350	2,0–1,5
177–250	2,5–2,0
125–177	3,0–2,5
88–125	3,5–3,0
62–88	4,0–3,5

11. attēls. Graudu lielumu salīdzinošās skalas piemērs

Citas īpašības

Karbonātu reakcija ar 10% hlorūdeņražskābi (sālsskābi) tiek apgūta skolā ķīmijas stundās, bet svarīgi vienmēr ir ievērot darba drošības noteikumus.

Lai noteiktu *fosfātu*, preparātu pagatavo šādi: 100 mililitros karsta destilēta ūdens izšķīdina 5 g amonija molibdāta ($\text{NH}_4(\text{MoO}_4)_2$), pēc tam pievieno 35 ml koncentrētas slāpekļskābes. Arī šo reakciju parasti apgūst skolā.

Krāsa novērtējama vizuāli un aprakstāma, izvairoties no to apzīmējumu izmantošanas, kas nav gaismas spektra pamatkrāsas. Tas ir, nevajadzētu lietot apzīmējumus rozīgs, rožains, lillā, mēļš, izbalējis, debeszils, salātzaļš vai banāndzeltens – tie ir ļoti subjektīvi vērtējumi un radīs pārpratumus. Labāk iepazīties ar krāsu skalām, kas ir pieejamas visos veikalos, kuros tiek jauktas krāsas, jo tur krāsu apzīmēšanai tiek izmantota tradicionālā Munseļa (*Munsell Color System*) vai Torgersona krāsu skala vai to versijas. Ir pieejamas arī speciālas krāsu noteikšanas tabulas tieši iežiem, kā arī analītiskas ierīces, kas nosaka krāsu fotometriski lovibonda vienībās, un citas metodes.

¹ Detalizēti skatīt: <http://www.colour.org/> vai <http://www.cie.co.at/cie/>

5

Metamorfie ieži

Termins “metamorfs” norāda, ka tas ir attiecināms uz iežiem, kam ir mainījusies forma (minerālu graudi, to izvietojums), bet nebūtiski ķīmiskais sastāvs jeb saturs. Tie ir fizikāli ķīmiskie procesi, kuros notiek daļēja iežu pārveidošana citā stāvoklī, būtiski nemainot tā ķīmisko sastāvu. Mūsdienās metamorfisms tiek definēts šādi: “Mineralogiskā, ķīmiskā un strukturālā pielāgošanās cietos iežos tiem fizikāliem un ķīmiskiem apstākļiem, kas ir izveidojušies spiediena un temperatūras vai to abu izmaiņu ietekmē.” (IUGS definīcija, 1985) Ģeoloģiskos pētījumos par šādām pārmaiņām nosacīti pieņem ķīmiskā sastāva izmaiņas aptuveni 10% (masas) robežās. Ja tiek novērtēts, ka pārvērtības ir būtiskākas, tad uz tām attiecina citus iežu veidošanās procesus.

To, ka ieži spēj pārvērsties – mainīt krāsu, izskatu un citas īpašības laika gaitā dažādu ietekmju iespaidā (Saulē, siltums, ūdens, apdedzināšana un tamlīdzīgi) –, cilvēki novēroja jau senā pagātnē un iemācījās to izmantot. Taču jēdziens “akmens” lielākoties asociējās ar kaut ko ļoti pastāvīgu, drošu, nemainīgu. Tomēr vulkāniskās lavas izvirdumu novērojumi un lavas ietekme uz senāk izgulsnētiem iežiem attiecas uz laikposmu pirms mūsu ēras. Šajā laikā tika atzīmēta un marmora raktuvēs noteikta tā īpašību un kvalitātes maiņa attiecībā pret svešu iežu dzīslām, platām aizpildītām plaisām un tumšo iežu masīviem tuvumā. Arī Senajā Indijā bija zināms, ka labākie rubīni meklējami kārtainos baltos un melnos kaļķakmeņos, kur tie kļūst ļoti cieti, dzīslaini un satur dažādas krāsas raibus akmeņus. Līdzīgi tika novērotas arī citas iežu metamorfisma parādības, un šādi pārveidoti ieži tika saimnieciski izmantoti jau ilgi pirms paša *metamorfisma* termina ieviešanas 1833. gadā. To veic Č. Laiels, lai apzīmētu procesu, kurā endogēnā siltuma iedarbībā nogulumi pārvēršas

kristālslānekļos. Patiesībā Č. Laiels nav pirmais, kas mēģināja seno masku deju un dziesmu karnevāla apzīmējumu pārcelt uz eksaktām zinātnēm; ar šādu terminu tradicionālajā viduslaiku alķīmijā jau kopš 15. gadsimta tika apzīmētas pārvērtības, pārmaiņas, pirmām kārtām apzīmējot ārējā izskata un formas pārmaiņas, ja izdevās saglabāt pamatvielas saturu nemainīgu. Visbiežāk tā tiek apzīmēti dažādi pārklājumi, plastisku vielu piemērošanās noteiktai formai. Vairākus gadsimtus pirms Č. Laeila šo terminu metalurģijā un minerālu aprakstos nereti izmantoja arī G. Agrikola (16. gadsimta vidū). Dabas metamorfozēm dzejoli ir veltījis arī J. V. Gēte (*Johann Wolfgang von Goethe, 1798: Die Metamorphose der Pflanzen*).

Metamorfie ieži ir veidojušies Zemes iekšienē, tomēr salīdzinoši nelielā dziļumā no Zemes virsas no jebkuras izcelsmes citiem (arī citiem metamorfiem) iežiem paaugstinātas temperatūras, spiediena un ķīmiski aktīvu vielu iedarbības ietekmē. Šajos procesos var rasties jauni minerāli un to sakopojumi, veidoties jaunas iežu struktūras un tekstūras.

Atšķirībā no eksogēnajiem diagenēzes un katagenēzes procesiem iežu metamorfisms visbiežāk ir endogēns process, kurā piedalās Zemes iekšējā enerģija. Metamorfisms norisinās tādā dziļumā, kurā eksogēnie procesi nesniedzas. Metamorfisms no endogēnajiem magmatisma procesiem savukārt atšķiras ar pārvērtību vidi – tās notiek, iežiem visu laiku paliekot cietā agregātstāvoklī. Gandrīz vienmēr metamorfisms saistīts ar minerālu pārveidi un jaunu minerālu veidošanos, raksturīgas arī iežu struktūras un tekstūras izmaiņas.

Līdz ar metamorfiem iežiem, kuri sastāva un īpašību ziņā vairs nelīdzinās saviem cilmiežiem, nereti sastopami arī tikai daļēji *metamorfizēti* ieži, kuros iepriekšējā sastāva un uzbūves pazīmes var būt arī saglabājušās.

5.1. | Galvenie metamorfisma faktori

Ir zināms, ka galvenie faktori, kas izraisa metamorfo iežu veidošanās procesus, ir augsta temperatūra, spiediens un iežos cirkulējošie ķīmiski aktīvie šķīdumi un gāzes. Dziļums, kurā sniedzas metamorfisma procesi, nepārsniedz litosfēras apakšējo robežu. Mūsdienu

pētījumi liecina, ka metamorfie ieži visbiežāk veidojas vairāku desmitu kilometru dziļumā. Vēl lielākā dziļumā ieži, temperatūrai turpinot paaugstināties, kļūst plastiski, šķīst, un metamorfisma procesus šeit aizstāj magmatisma procesi.

Iežu minerālu sastāva izmaiņas, kas notiek paaugstinātas temperatūras ietekmē, saistītas galvenokārt ar hidroksilgrupas saturošo minerālu dehidratizāciju, atbrīvošanos no viegliem ķīmiskajiem elementiem, karbonātu minerālu dekarbonatizāciju un tamlīdzīgi. Šajos procesos rodas jauni, augstā temperatūrā izturīgāki bezūdens minerāli, dominējoši veidojas stabili oksīdu un silikātu minerāli. Jo augstāka ir pārveides temperatūra, jo vienvēidīgāks ir minerālu sastāvs, un minerāli veidojas vienkāršāki sastāva ziņā. Pārveides procesos izdalās ūdens, viegie elementi pārvēršas gāzveida stāvoklī, karbonāti izdala ļoti daudz ogļskābās gāzes, kuri savukārt iesaistās turpmākajās ķīmiskajās reakcijās, migrējot pa plaisām uz zonām, kur iežu temperatūra vai apkārtējais spiediens ir zemāks.

Mūsdienās ir labi zināmi iežu veidošanās apstākļi. Blakus sākotnējam iežu ķīmiskajam sastāvam svarīgi ir vides fizikālie apstākļi, kurus novērtē tradicionālajā P-V-T sistēmā (spiediens, tilpums un temperatūra). Arī pārvērtību mehānisms tiek novērtēts, balstoties uz vispārzināmām fizikālās ķīmijas likumsakarībām (Boila likums, van der Waalsa stāvokļa vienādojumi, klasiskās termodinamikas likumi, entalpijas vienādojumi, Gībsa enerģijas ietekmes un ķīmiskā līdzsvara vienādojumi). Tomēr atšķirībā no laboratorijas metamorfisma apstākļos ir vairāki svarīgi nosacījumi: procesu ilgums (sekunžu daļu vietā dabā tie ilgst tūkstošiem gadu), parametru mainīgums (ātra uzsilšana un spiediena pieaugums, ļoti pakāpeniska ir šo lielumu samazināšanās), kā arī pastāvīgi klātesoša dominējoša cietā fāze (iezis). Šeit notiekošo nosacīti varētu salīdzināt ar ķīmisko reaktoru, kurā lielāko tilpuma daļu aizņem kāda ķīmiski inerta vai pat reakcijas palēninoša viela.

Iežu struktūras veidošanos temperatūra ietekmē, palielinot ķīmisko reakciju ātrumu, tāpēc metamorfisma procesos var veidoties lielāki minerālu graudi nekā parasti. Tiek uzskatīts, ka nozīmīgākās pārmaiņas minerālu sastāva struktūrā notiek temperatūru intervālā no $+150^{\circ}\text{C}$ (pēc citu autoru domām, $+350^{\circ}\text{C}$) līdz pat $+900^{\circ}\text{C}$. Zemākā temperatūrā minerāli mainās, bet iežu pamata struktūra tikpat kā neizmainās.

Ja temperatūra pārsniedz 1000 °C, tad vairākums silikātu veidojošo iežu kļūst plastiski un kūst, tas ir, ieži sāk pārvērsties magmā.

Spiediens metamorfisma procesos veicina minerālu veidošanos un pārkristalizēšanos, vislielākā tā ietekme vizuāli konstatējama kā jaunu iežu tekstūru veidošanās. Spiediena ietekme metamorfisma procesos ir dažāda. Tas ir nozīmīgs elements fizikāli ķīmiskajās pārvērtībās, tās var ietekmēt arī kā orientēts spiediens, kas rada ne tikai iežu drupšanu un smalcināšanu, bet arī orientētu kristālu ievietojuumu, slāņu veidošanos, joslainību. Spiediena avots ir iežu masas, bet tā vērsums var būt atšķirīgs atkarībā no spiediena dažādo komponentu summārā vektora (lejupvērstis kā augstāk esošo pārsedzošo iežu spiediens, zemāk iegulošo magmatisko vai citu iežu augšupvērstis spiediens vai dažādi Zemes garozas kustību veidoti orientēti sānspiedieni).

Ir vispārzināms, ka, dziļumam palielinoties, tas arvien vairāk pieaug, tāpēc dziļākās zonās rodas minerāli ar kompaktāku, blīvāku telpiskā režģa uzbūvi un lielāku blīvumu, veidojas masīvas metamorfo iežu tekstūras. Paaugstinoties spiedienam, paaugstinās arī minerālu kušanas temperatūra, tāpēc lielā dziļumā, kurā temperatūra pieaug tiklīdz, ka normāla spiediena apstākļos iežiem būtu jau jāpārvēršas šķidrā magmā, metamorfisma procesi var turpināties. Aprēķini rāda, ka maksimālais spiediens dziļumā, kur metamorfisma procesi apstājas, var sasniegt 13 000–17 000 atmosfēru. Orientētais spiediens veicina minerālu šķīšanu, izraisa iežu drupšanu un sasmalcināšanos, kā arī atvieglina metamorfizējošo šķīdumu un gāzu iekļūšanu iežos, tiek veicināta to pārkristalizēšanās un jaunu minerālu veidošanās. Šāds spiediens var darboties visā dziļumā, kurā ieži atrodas cietā vai mazplastiskā stāvoklī, bet iežu mehāniska drupināšana ir iespējama tikai līdz aptuveni 10 kilometru dziļumam, vēl lielākā dziļumā tie tik stipri sablīvējas un piesātinās ar šķīdumiem, ka orientēta spiediena ietekme kļūst maznozīmīga.

Ķīmiski aktīvās vielas, kas ierosina iežu metamorfizācijas procesus, galvenokārt ir iežos cirkulējošajos šķīdumos esošais ūdens un ogļskābā gāze, arī ūdeņradis, hlors, fluors un citi. Metamorfizējošie šķīdumi rodas galvenokārt magmatiskajos procesos, izdaloties no atdziestošās magmas; tie var rasties arī pašā metamorfisma gaitā kā minerālu dehidratācijas, dekarbonatizācijas un citu reakciju produkti.

5.2. | Metamorfisma tipi

Atkarībā no ģeoloģiskajiem apstākļiem un ietekmējošo faktoru nozīmes visbiežāk izdala četrus galvenos metamorfisma tipus: katalastisko (dinamometamorfismu), metasomatisko, kontakttermālo (kontakta) un reģionālo metamorfismu. Tomēr jāatceras, ka šīs grupas ir nodalītas tikai pēc dominējošas izpausmes un metamorfos iežos nereti tieši blakus var tikt atrasti ieži, kas pieder pie samērā atšķirīgām metamorfo iežu grupām.

Kataklastiskā (no sengrieķu *kāta* – ap – un *klastikos* – sasmalcināts) metamorfisma procesos galvenā nozīme ir orientētajam spiedienam, kas parasti darbojas Zemes garozas lūzumu un plaisu zonās. Ja šie procesi notiek relatīvi zemā temperatūrā, jauni minerāli nerodas un metamorfisms izpaužas, tikai iežiem drūpot, sasmalcinoties un sasmalcināšanās produktiem atkal sasaistoties kompaktā, cietā iezī. Ja metamorfisma procesus pavada temperatūras paaugstināšanās, var rasties arī jauni minerāli, piemēram, plagioklāziem pārvēršoties sericitā, dzelzs un magnija silikātu minerāliem – hlorītā un talkā. Ieži var arī tikai pārkristalizēties, būtiski palielinot minerālu graudu izmērus. Raksturīgi kataklastiskā metamorfisma ieži ir salīdzinoši reti sastopami, biežāk tie ir atsevišķi slāņi vai bloki reģionālā metamorfisma pārveidotos iežos.

Metasomatiskā metamorfisma procesos jauni ieži veidojas, ja cilmiežos iekļūst un ar tiem ķīmiski reaģē metamorfizējošie šķīdumi un gāzes. Šajos procesos notiek aizvietošanas reakcijas. Tajās daļa cilmes iežos ietilpstošo ķīmisko elementu pāriet šķīdumos un tiek aiznesti prom, bet to vietā stājas jauni elementi un to savienojumi, kas tiek pievadīti ar šķīdumiem un gāzēm no citām Zemes garozas daļām. Metasomatozes rezultāti ir atkarīgi no metamorfizējošo šķīdumu sastāva un koncentrācijas, tāpēc visaktīvāk metasomatiskie procesi notiek tieši magmatisko intrūziju un apkārtējo iežu kontaktzonu tuvumā. Tiek pieņemts, ka metasomatiskais metamorfisms sevišķi intensīvi norisinās dziļākajās Zemes garozas daļās, kur to veicina ļoti augstā temperatūra, lielais spiediens un lielāka ķīmiski aktīvo vielu koncentrācija šķīdumos un gāzēs.

Kontakttermālā metamorfisma procesos karsta šķidrā magma tieši saskaras ar apkārtējiem iežiem. Magmas augstās temperatūras

iedarbībā rodas jauni ieži, nenotiekot nozīmīgai ķīmisko komponentu apmaiņai vai pievadīšanai no ārpusēs. Šādi jaunveidoti ieži atšķiras no cilmiežiem uzbūves un minerālu sastāva ziņā, bet to ķīmiskais sastāvs nav būtiski citāds. Ļoti raksturīga ir masīvu, sīkkristāliskas vai slēptkristāliskas struktūras metamorfo iežu veidošanās. Daudz retāk pārkristalizēšanās procesos var rasties arī ieži ar vidējiem un rupjiem graudiem. Kontakttermālais metamorfisms dabā ir reta parādība, kas saistīta galvenokārt ar bāziska vai ultrabāziska sastāva magmas intrūzijām, kam raksturīga augsta temperatūra un zems gaistošo ķīmisko savienojumu saturs. Vairākumā gadījumu magmas kontaktēšanos ar apkārtējiem iežiem pavada tikai metasomatiskās reakcijas. Tāpēc novilkt precīzu robežu starp kontakttermālo un kontaktmetasomatisko procesu darbības zonām un veidojumiem tikpat kā nav iespējams, un šīs zonas parasti apvieno.

Reģionālais metamorfisms vienmēr saistīts ar kalnu veidošanās procesiem un notiek gandrīz vienlaikus ļoti plašā, tūkstošiem kvadrātkilometru lielā teritorijā. Veidojas milzīgas metamorfo iežu masas, un tieši šādos apstākļos ir radušies lielākā daļa zināmo metamorfo iežu. Galvenie faktori, kas izraisa iežu pārvērtības reģionālā metamorfisma procesos, ir temperatūra un spiediens.

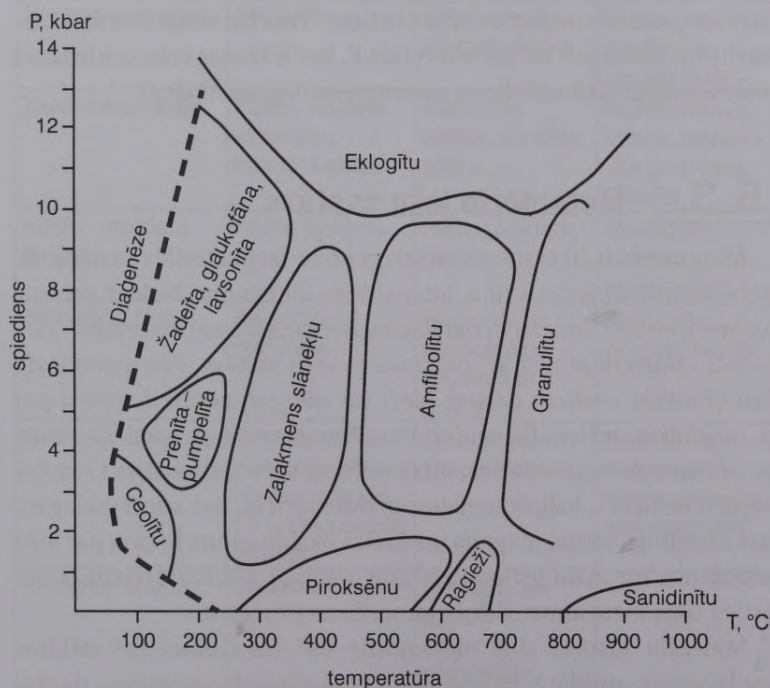
Vairākumā gadījumu reģionālā metamorfisma procesos iežu minerālu sastāvs būtiski mainās, palielinoties tādu minerālu skaitam, kas ir noturīgi augstā temperatūrā un spiedienā (piemēram, granāti, distēns, andaluzīts, kordierīts, silimanīts un citi). Reģionālais metamorfisms var pāriet *ultrametamorfismā*, un var sākties metamorfo iežu granītizācija (to pārvēršanās granītos). Kā pārejas iežu tips granītizācijas procesā rodas *migmatīti*. Tie ir jaukta sastāva ieži, kas veidoti no metamorfo iežu un granīta materiāla kārtojuma un ar labi redzamām plastiskas deformācijas vai tecēšanas pazīmēm. Šo iežu atlūzas ļoti bieži atrodamas Latvijas kvartārnogulumos.

Mūsdienās tiek izšķirti arī citi mazāk izplatīti metamorfisma veidi: lūzuma zonu metamorfisms, trieciena jeb šoka metamorfisms, okeāna gultnes metamorfisms (hidrotermālais) un citi.

Vairāki iepriekšējie metamorfisma tipi un to dažādība norāda, ka objektīvi dabā var tikt konstatēta ļoti augsta šo iežu dažādība. Agrāk, balstoties uz iepriekšējā gadsimta sākumā veiktajiem pētījumiem (P. Eskola, 1915, 1920; Goldschmidt, 1911; K. Tilley, 1924 u. c.),

uzskatīja, ka ir noteiktas likumsakarības metamorfo iežu telpiskajā izvietojumā un apstākļos, kuros tie veidojušies. Šie priekšstati ļauj katra metamorfisma tipa iežus detalizētāk grupēt pēc to veidošanās apstākļiem metamorfisma fācijās (metamorfo iežu rindās, kuras cita citu papildina konkrētā metamorfiskā tipa veidoto iežu ietvaros). Sākotnēji domāja, ka šādas atkarības tiks konstatētas tikai minerāliem, un tika izdalītas metamorfo iežu minerālās fācijas, bet panākumi eksperimentālajā fizikālajā ķīmijā un tehnoloģiju attīstība, īpaši pēdējos 40 gados, ļāva būtiski pārskatīt šos vēsturiskos priekšstatus.

Mūsdienās priekšstati par metamorfo iežu fācijām ir nozīmīgi mainījušies pēc F. J. Ternera (*Turner*) un H. G. Vinklera (*Winkler*) pagājušā gadsimta septiņdesmitajos gados veiktajiem pētījumiem, kas ļauj tās precīzi klasificēt un grupēt vismaz attiecībā uz reģionālā metamorfisma veidojumiem (sk. 12. attēlu).



12. attēls. Metamorfo iežu fāciju attiecības atkarībā no to veidošanās spiediena (P) un temperatūras (T). Parādītas arī fāžu maiņu zonas starp atsevišķām fācijām (pēc D. Hindmana)

Iepriekšējā attēlā atspoguļoto metamorfo iežu fāciju raksturīgi minerāli, kā arī to atšķirības atkarībā no cilmes iežu sastāva atspoguļotas 17. tabulā.

Tomēr ir svarīgi ņemt vērā, ka šīs fācijas neapskata visus metamorfos iežus, bet tikai tos, kas veidojas noteiktos spiediena un temperatūras apstākļos (sk. 12. attēlu), kur norādīts ļoti plašs lauks, kas tiek attiecināts uz diaġenētiskām pārvērtībām (nevis uz metamorfismu). Fācijas ir daudz plašāks jēdziens nekā ieži, un to noteikšana tiks apskatīta nākamajās nodaļās.

Metamorfo iežu veidošanās ir būtiski atkarīga no sākotnējo iežu sastāva un īpašībām, tāpēc tieši tas tika īpaši pētīts pagājušā gadsimta sešdesmitajos gados, tika arī eksperimentāli iegūti dažādi metamorfie ieži laboratorijas apstākļos. D. Hindmans (*Hyndman*) izstrādāja minerālu veidošanās secību rindu atkarībā no sākotnējo iežu grupām dažādos spiediena un temperatūras apstākļos (sk. 18. tabulu), veidojoties jauniem metamorfajiem iežiem. Tika izdalītas piecas metamorfisma zonas jeb fācijas (no A līdz E, kur E fācijas iežu veidošanās notiek visaugstākā spiediena un temperatūras apstākļos).

5.3. | Metamorfo iežu sastāvs

Metamorfo iežu sastāvs ir atkarīgs no to izejmateriāla sastāva, no metamorfisma procesu tipa, intensitātes un ilguma. Turklāt galvenā nozīme ir nevis cilmiežu minerālajam, bet ķīmiskajam sastāvam – tam parasti aptuveni atbilst arī metamorfo iežu sastāvs. Pēc metamorfo iežu ķīmiskās analīzes datiem bieži var diezgan noteikti spriest par to, no kādiem iežiem tie veidojušies. Piemēram, augsts kalcija saturs var nozīmēt, ka ieži radušies, metamorfizējoties karbonātiska sastāva nogulumiežiem – kalķakmeņiem vai dolomītiem, bet stipri paaugstināts alumīnija, kālija, magnija un dzelzs oksīdu saturs liecina par iežu veidošanos no mālu iežiem. Lielākas ķīmiskā sastāva atšķirības var rasties tikai metasomatiskā metamorfisma procesos.

Minerālu sastāva ziņā metamorfie ieži no cilmiežiem atšķiras daudz vairāk, turklāt no viena un tā paša cilmieža var rasties dažādi metamorfie ieži, ko veido atšķirīgi minerāli. Tāpēc droši spriest par cilmiežiem tikai pēc metamorfo iežu minerāliem nevar, jo vieni un

17. tabula. Svarīgākās metamorfo iežu fācijas un raksturīgie to minerāli

Metamorfo iežu fācija	Fācijas iežu raksturīgie minerāli	Raksturīgie minerāli atkarībā no cilmes iežiem	
		Bāziskie ieži	Pelītu drupu ieži
Ceolītu fācija	Kvarcs, laumonīts, hlorīts	Laumonīts, hlorīts	Kvarcs, laumonīts, hlorīts
Prenīta – pumpelīta fācija	Prenīts, pumpelīts, kvarcs	Prenīts, pumpelīts	Prenīts, pumpelīts, kvarcs
Glaukofāna – lavsonīta fācija (zilganie slānekļi jeb <i>blueschist</i>)	Glaukofāns, lavsonīts, retāk ortoklāzs, aragonīts	Glaukofāns, lavsonīts, žadeīts	Muskovīts, granāti, kianīts. Nav biotīta
Amfibolu fācija	Amfiboli	Ragmāņi	Muskovīts, andaluzīts, kordierīts, staurolīts
Piroksēnu fācija	Piroksēni	Ortopiroksēni, klinopiroksēni	Silimanīts, kordierīts, izkūsis iezis
Zaļakmens fācija	Albīts, epidots, aktinolīts, hlorīts, kalcīts	Aktinolīts, hlorīts, epidots, albīts	Muskovīts un hlorīts, muskovīts un biotīts, granāti
Albītu – epidotu fācija	Albīts, epidots	Albīts, epidots, hlorīti	Muskovīts, hlorīts, andaluzīts
Amfibolītu fācija	Ragmāņi, plagioklāzi	Ragmāņi un plagioklāzs, ragmāņi un granāti	Staurolīts, granāti, biotīts
Granulītu fācija	Ortopiroksēni, klinopiroksēni Plagioklāzs, ar Fe un Mg bagāti granāti	Ortopiroksēni, klinopiroksēni	Granāti un kordierīts Nav muskovīta, nav staurolīta
Eklogītu fācija	Žadeīts. Piropi	Omfacīts un granāti Nav plagioklāzu	?
Sanidīnītu fācija	Sanidīns, piroksēni	Sanidīns, ortopiroksēni, klinopiroksēni, anortīts	Hercinīts, kausēta iežu masa

18. tabula. Minerālu asociācijas atkarībā no metamorfisma apstākļiem un sākotnējā ieža sastāva (pēc D. Hidmana)

Sākotnējie ieži un to grupas	A fācija	B fācija	C fācija	D fācija	E fācija
Māli, argilīti, aleirīti, aleirolīti	Hlorīts Muskovīts Albīts Kvarcs	Biotīts Hlorīts Muskovīts Albīts Kvarcs	Granāti Biotīts Muskovīts Albīts Kvarcs	Staurolīts Granāti Biotīts Plagioklāzi Kvarcs	Silimanīts Granāti Biotīts Plagioklāzs Kvarcs
Jaunveidotais metamorfais iezis	Slānekļis vai filīts	Filīts vai vizlas slānekļis		Slānekļis vai gneiss	
Andezītu vulkāniskais tufs	Aktinolīts Albīts Epidots Hlorīts Kvarcs	Aktinolīts Albīts Epidots Hlorīts Kvarcs	Ragmāņi Albīts Epidots Kvarcs	Ragmāņi Plagioklāzs Kvarcs	Ragmāņi Plagioklāzs Kvarcs
Jaunveidotais metamorfais iezis	Hlorīta vai aktinolīta slānekļis			Amfibolīti	
Smilšains kaļķakmens vai dolomīti ar paaugstinātu silikātu saturu	Dolomīts Kalcīts Kvarcs	Tremolīts Kalcīts Kvarcs	Tremolīts Kalcīts Kvarcs	Diopstids Kalcīts Kvarcs	Diopstids Kalcīts Kvarcs
Jaunveidotais metamorfais iezis	Marmors	Tremolīta marmors		Diopsīda marmors	

tie paši metamorfie ieži var būt radušies arī no dažādiem cilmiežiem, ja to ķīmiskais sastāvs un metamorfizācijas apstākļi bijuši aptuveni vienādi. Gadījumi, kad iepriekšējo iežu minerāli saglabājas bez nozīmīgām izmaiņām, ir samērā reti, tie saistīti galvenokārt ar kvarca un karbonātiežu metamorfizāciju.

Lielāko daļu metamorfo iežu masas veido kvarcs, kālija, nātrijs un kalcija laukšpati, biotīts, muskovīts, ragmānis, piroksēnu grupas minerāli, kalcīts, retāk dolomīts, tas ir, tie paši minerāli, no kuriem sastāv arī magmatiskie un nogulumieži. Taču metamorfie ieži var saturēt arī citus, specifiskus minerālus, kuru klātbūtne vai stipri palielināts daudzums iežos tieši liecina par to metamorfo izcelšanos. Tādi specifiski minerāli ir distēns, andaluzīts, silīmanīts un kordierīts (kas veidojas tikai metamorfisma procesos), granāti (kas ārpus metamorfajiem iežiem sastopami vēl tikai aplītos un pegmatītos) un minerāli, kas veido tipiskus, bieži monominerālus metamorfos iežus, bet citu iežu sastāvā ietilpst tikai kā sekundāro izmaiņu produkti (sericīts, serpentīns, hlorīts, aktinolīts, talks un citi).

5.4. | Metamorfo iežu uzbūve

Pēc metamorfo iežu tekstūras un struktūras bieži var spriest par to, kādos apstākļos tie ir veidojušies un kāda bijusi tos veidojošo procesu intensitāte. Piemēram, spiediena viena dominējošā virziena (orientētais) raksturs tieši atspoguļojas iežu tekstūrā, savukārt pats spiediens atkarīgs no dziļuma un temperatūras, kurā notiek metamorfisma procesi. Svarīgi ir ņemt vērā, ka visi metamorfie ieži ir kristāliski, jo to veidošanās saistīta ar pārkristalizācijas procesiem, kuros amorfie minerāli nesaglabājas. Tomēr tie metamorfos iežos var tikt konstatēti kā sekundāri jaunveidojumi, iežiem nonākot Zemes virsū.

Visas metamorfo iežu **tekstūras** iedala divās lielās grupās – īsti metamorfiskajās un reliktajās. Tikai īsti metamorfiskās tekstūras ir raksturīgas metamorfajiem iežiem. Lielākajai daļai metamorfo iežu ir dažādi slāniskās tekstūras paveidi, bet citi tekstūru veidi ir reti.

Slāniska tekstūra raksturīga iežiem, kas veidoti no izstieptas vai plakaniskas formas minerālu graudiem, kuri orientēti kādā noteiktā virzienā. Šie minerālu graudi bieži reljefi izdalās iežu lūzuma vietās, tāpēc

slāniskos iežus jeb tā sauktos slānekļus viegli var atšķirt no sastāva ziņā līdzīgiem joslainas tekstūras iežiem. Slānekļiem nereti raksturīga plātņveida atskaldnība, kuras dēļ tie var sašķelties dažāda biezuma plāksnēs. Slāniskā tekstūra piemīt reģionālā metamorfisma iežiem.

Gneisveida jeb *lineāri slāniska* tekstūra atšķiras ar zvīņveida, plāksnīšu vai saplacinātu kristālu izvietojumu paralēli slāniskumam. Tā var būt arī papildus dažādota atsevišķos slānīšos ar mikrokrokrojumu vai atsevišķiem ieslēgumiem, īpaši gneisos un slānekļos.

Lineāru tekstūru veido prizmatiski vai adatveida kristāli, kas mēdz būt orientēti kādā noteiktā virzienā. Lai arī šādu tekstūru droši var noteikt tikai distēnam un silimanītam, tā ir samērā plaši izplatīta, bet makroskopiski ne vienmēr konstatējama.

Joslaina tekstūrai piemīt dažāda sastāva un struktūras materiāla kārtiņu paralēls izvietojums iežī, kura dēļ tas sānskatā iegūst raksturīgu joslainu izskatu. Tāds var rasties, ja daļēji saglabājas nogulumiežu slāņainā uzbūve, vai arī pārkristalizācijas procesos, kas saistīti ar vienvirziena spiedienu. Šāda tekstūra raksturīga daudziem reģionālā metamorfisma iežiem, migmatītiem.

Sīkkrokotas tekstūras metamorfos iežos ir vērojamas bieži, ja vien ieži ir mehāniski deformēti un iežu veidojošais materiāls bijis plastisks. Sīko slānīšu kārtiņas ir sakārtotas sīkās krokās, un vizuāli tās ir viegli konstatējamas kā atsevišķu slānīšu biezuma maiņa.

Masīvas jeb *viendabīgas* tekstūras iežos atsevišķu ieža daļu uzbūve neatšķiras. Šādas tekstūras ieži veidojas, pārkristalizējoties viendabīga sastāva un uzbūves cilmiežiem lielā dziļumā un augstā temperatūrā, arī metasomatiskā un kontaktermālā metamorfisma procesos. Raksturīgas amfibolītiem, skarniem un ragiežiem.

Plankumaina tekstūra veidojas, ja atsevišķi minerāli nevienmērīgi izvietojas ieža daļās. Tas notiek, pārkristalizējoties nevienadabīga sastāva iežiem vai arī dažiem iežus veidojošiem komponentiem koncentrējoties atsevišķās vietās.

Reliktās jeb *atliku* tekstūras ir iežiem, kas metamorfisma procesos ir tik maz pārveidoti, ka daļēji saglabājušās to iepriekšējās struktūras īpatnības.

Speciālos pētījumos tiek izdalītas arī citas daudz retāk izplatītas metamorfo iežu tekstūras, piemēram, brekčijveida, bet tās nav droši nosakāmas makroskopiskos pētījumos.

Metamorfo iežu **struktūras** var iedalīt vairākās grupās. Visraksturīgākā ir kristaloblastiskā un retāk sastopamā kataklastiskā struktūra. Ja metamorfajos iežos saglabājas arī iepriekšējās struktūras pazīmes, tiem var būt dažādas relikts struktūras, bet vēl retāk ir sastopamas metasomatiskās struktūras, kurās atspoguļojas plaša visu minerālu aizvietošanās ar citiem.

Kristaloblastiska struktūra raksturīga lielākajai daļai visu metamorfo iežu, to tipiska iezīme – minerālu graudi norāda uz vielas pārkristalizāciju cietā stāvoklī. Tās klasificē galvenokārt pēc minerālu graudu izmēriem un formas. Lielākoties tās ir vienmērīgi graudainas, jo pārkristalizācijas procesos sīkākī minerālu graudi parasti izšķīst un iežos nesaglabājas. Kristaloblastisko struktūru nosaukumiem, lai uzsvērtu to atšķirību no magmatisko un nogulumiežu kristāliskajām struktūrām, pievieno vārdu – *blastiska*. Tās ir raksturīgas kontakta un reģionālā metamorfisma iežu tipiem.

Granoblastiskas struktūras ieži sastāv no izometriski tuviem formas minerālu kristāliem. Šādu iežu graudu lielums un struktūras paveidi var mainīties – no slēptkristāliskiem līdz lielgraudainiem. Minerālu sastāva ziņā šādi ieži bieži ir monominerāli, un tie var veidoties visos metamorfisma procesos, izņemot kataklastiskos. Savukārt sīkgraudainas un slēptkristāliskas struktūras ieži, piemēram, ragieži, ir tipiski kontakttermālā metamorfisma produkti.

Lepidoblastiska struktūra ir iežiem, kas veidoti no plakanas formas vai zvīņveida minerālu, piemēram, biotīta, muskovīta, hlorīta un talka, graudiem. Šāda struktūra veidojas vienvirziena spiediena apstākļos parasti reģionālā metamorfisma procesos un ir raksturīga slānekļiem un gneisiem.

Nematoblastiska struktūra norāda, ka iežos dominē adatveida vai šķiedrveida minerālu kristāli. Nematoblastiskas struktūras ieži veidojas galvenokārt kontakttermālā metamorfisma procesos un ir raksturīgas amfibolītos, arī amfibolītu, diopsīda un turmalīna slānekļos.

Porfirblastiska struktūra ir raksturīga nevienmērīgi graudainiem iežiem, kuros ir lielāka izmēra minerālu graudu ieslēgumi smalkgraudainākas uzbūves pamatmasā. Šādas struktūras veidojas reģionālā un metasomatiskā metamorfisma procesos. Reģionālā metamorfisma veidotos iežos porfirblastus visbiežāk veido granāti, distēns,

staurolīts, andaluzīts un kordierīts, metasomatiskajos iežos – mikrokliņš, albīts, vizla un turmalīns.

Nereti izšķir arī citus reti sastopamus granoblastisko struktūru veidus, piemēram, fibroblastiska, diablastiska, druzītu (kelifīta), poikiloblastiska un citas struktūras, bet tās droši ir konstatējamas tikai laboratorijas apstākļos.

Kataklastiska struktūra rodas iežu drupināšanas sākumstadijā. Ieži ar šādām struktūrām ir reti sastopami, un tos klasificē pēc iežu sasmalcināšanās pakāpes. Raksturīga ir brekčijveida struktūra. Izšķir arī *cementācijas* jeb *porfīrklastisku struktūru* ar lieliem atsevišķiem graudiem, kas palikuši mazskarti drupināšanas laikā un atrodas sīkdrupinātu iežu un minerālu pamatmasā. Raksturīga daļēja ieža masas pārkristalizācija, šiem iežiem nepiemīt slāniskums. Savukārt *milonīta struktūra* vērojama intensīvi sadrupinātos iežos. Šīs struktūras ieži sastāv gandrīz tikai no ļoti smalki saberzta pulverveida materiāla, kas cieši saistīts cementācijas procesos un daļēji pārkristalizēts, tiem piemīt izteikta joslaina tekstūra.

5.5. | Metamorfo iežu klasifikācija

Metamorfos iežus atkarībā no to izcelšanās iedala četrās grupās – kataklastiskā, metasomatiskā, kontaktermālā un reģionālā metamorfisma iežos. Sīkāk tos klasificē pēc uzbūves, iežus veidojošo minerālu sastāva, cilmiežu rakstura un metamorfisma procesu norises īpatnībām, turklāt atsevišķu ģenētisko grupu iežu klasifikācijas principi ir atšķirīgi. Kataklastiska metamorfisma iežus klasificē galvenokārt pēc to struktūras, ņemot vērā arī to, no kādiem cilmiežiem tie cēlušies. Metasomatozes procesos radušos iežu detalizētā klasifikācijā tiek ņemta vērā struktūra, tekstūra un cilmiežu raksturs, kā arī metamorfos iežus veidojošo minerālu sastāvs.

Kontaktermālā un reģionālā metamorfisma iežu klasifikācijas pamatā ir visu šo iežu iedalījums *metamorfajās fācijās* – grupās, kurās apvienoti līdzīgos temperatūras un spiediena apstākļos veidojušies metamorfie ieži ar noteiktu, šīm fācijām raksturīgu minerālu sastāvu. Par iežu piederību pie kādas noteiktas metamorfās fācijas spriež pēc raksturīgajiem jeb tipomorfajiem minerāliem, kuru veidošanās

ir atkarīga no termodinamiskajiem un ķīmiskajiem apstākļiem. Iežu atbilstība metamorfajam fācijām ļauj spriest par to, kādā dziļumā vai kādos citos apstākļos ieži veidojušies, un palīdz izziņāt šo iežu veidošanās procesus.

Iepriekš aprakstītā klasifikācija patiesībā attiecas uz tā saucamajām vēsturiskajām klasifikācijām, jo kopš 1985. gada Starptautiskās ģeoloģisko savienību apvienības (IUGS) Metamorfo iežu sistematizācijas apakškomisija (SCMR) izstrādāja un pieņēma izmantošanai rekomendācijas¹. Atbilstoši tām mūsdienīga metamorfo iežu klasifikācija ir būtiski atšķirīga. Tomēr tā nav piemērojama makroskopiskiem novērojumiem un pētījumiem, tāpēc arī turpmāk šajā darbā tiks lietota vēsturiskā klasifikācija, cik tālu tā nav pretrunā ar mūsdienu priekšstatiem.

5.6. Izplatītāko metamorfo iežu raksturojums

Izplatītāko metamorfo iežu raksturojums sniegts tikai skolu vajadzībām vienkāršoti un uzskatāmi nodarbībām laukā. Studentiem šāds iežu raksturojums nav piemērots, viņiem noteikti ir plašāk jāiepazīst dažādo metamorfo iežu apraksti un jāapgūst papildu teorētiskās zināšanas. To apgūšanu var sākt arī patstāvīgi, tāpēc pievienotajā literatūras sarakstā ir norādīti papildu avoti.

5.6.1. Kataklastiskā metamorfisma ieži

Dinamometamorfisma ietekmē veidojušos iežu, kuriem ir piešķirti savi nosaukumi, nav sevišķi daudz. Dabā vērojamo šo iežu daudzveidību visbiežāk apraksta kā varietātes. Pēc struktūras jeb iežu sastāvdaļu sasmalcināšanas pakāpes izdala trīs izplatītākos kataklastisko iežu tipus: tektoniskās brekčijas, kataklazītus un milonītus. Tie ir samērā reti ieži un parasti ir sastopami kalnu rajonos. Ja iespējams noteikt šo metamorfo iežu cilmiežu sastāvu, tad to norāda

¹ Detalizēti skatīt: <http://www.bgs.ac.uk/SCMR/> Schmid, R., Fettes, D., Harte, B., Davis, E., Desmons, J., Meyer-Marsilius, H. J. and Siivola, J. A systematic nomenclature for metamorphic rocks: 1. How to name a metamorphic rock. Recommendations by the IUGS Subcommission on the Systematics of Metamorphic Rocks, IUGS. 1985. 19 pp.

kataklastisko metamorfo iežu nosaukumā, piemēram, tektoniskā granītbrekčija, diorītmilonīts un tamlīdzīgi.

Tektoniskās brekčijas sastāv no iežu šķembām un gabaliem, starp kuriem izvietots smalkāks destruktīvais materiāls. Sastāvdaļu izmēri dažkārt var sasniegt desmitiem un pat simtiem metru. Struktūra brekčijveida, tekstūra masīva, reizēm var novērot vāji izteiktu sastāvdaļu orientējumu. Parasti tie ir cieti ieži, bet to plaisās nereti ir sekundāri karbonāti, hlorīti un halcedons.

Kataklazīti atšķiras no tektoniskajām brekčijām tikai ar sastāvdaļu sīkākākiem izmēriem un cementa struktūru. Detalizēti pētot, pat zem lupas nereti atlūzās var noteikt iežu primārās struktūras un primāro minerālu sastāvu.

Milonīti sastāv no sīki saberzta minerālā materiāla (nereti tos sauc arī par mikrobrekčijām), kura atsevišķas daļiņas bez liela palielinājuma praktiski nav atšķiramas. Tiem raksturīga slāniska vai joslaina tekstūra, ko milonītos sauc par tektoniskās plūšanas tekstūru. Minerālu sastāvs var atšķirties no cilmiežu sastāva, bet ieža sīkākās sastāvdaļas parasti ir daļēji pārkristalizētas. Milonītiem nav raksturīgas krāsas, tā var mainīties no gaiši pelēkas un gaiši sārtas ar dzeltenīgu vai zaļganu nokrāsu līdz tumši pelēkai un melnai.

5.6.2. Metasomatiskā metamorfisma ieži

Pie šīs metamorfo iežu grupas piederīgo iežu skaits nav tieši nosakāms, jo metasomatiskie procesi norit arī citu metamorfisma tipu apstākļos, īpaši plaši reģionālajā metamorfismā. Metasomatiskos apstākļos veidojas, piemēram, talka un hlorīta slānekļi, ja ir liecības par to veidošanās apstākļiem un to struktūra ir slāniska, biežāk tomēr tie ir reģionālā metamorfisma veidojumi.

Serpentinīti un serpentīna slānekļi sastāv gandrīz vienīgi no serpentīna un ir visdažādāko nokrāsu zaļi ieži, parasti pelēkzaļi, iedzelteni zaļi. Tie ir slēptkristāliski ieži ar serpentīnam raksturīgu taukainu spīdumu. To tekstūra visbiežāk ir masīva, nereti joslaina, plankumaina vai slāniska. Serpentinīti var saturēt izteiksmīgas hrizotilazbesta starpkārtas. Serpentinīti veidojas ultrabāzisko iežu (olivīnīta un dimīta) metasomatiskā metamorfisma ietekmē.

Aktinolīta ieži un slānekļi ir pelēkzaļi un zaļi ieži ar tipiski nematoblastisku, bieži ar radiāli starainu struktūru un masīvu vai slānisku

tekstūru. Iežu sastāvā izteikti dominē aktinolīts. Aktinolīta ieži veidojas no ultrabāziskiem un bāziskiem magmatiskajiem un karbonātiskajiem nogulumiežiem, arī no serpentīniem.

Greizeni ir gaišpelēki vidēji vai rupjgraudaini granoblastiski vai lepidoblastiski ieži ar masīvu, dažreiz plankumainu tekstūru, mūsdienās tas tiek uzskatīts par vienu no skarnu paveidiem. Ļoti bieži ieži ir poraini un kavernozi. Ieža sastāvā galvenie minerāli ir kvarcs un muskovīts, tie nereti var saturēt arī turmalīnu, apatītu, topāzu, fluorītu, metālu oksīdu un sulfīdu minerālus. Greizeni veidojas kontaktmetasomatisma procesos augstā temperatūrā, mainoties līdz pilnīgai minerālu pārveidei granītiem un citiem kvarca un laukšpata iežiem. Raksturīga iezīme ir jaunu kvarca kristālu veidošanās un ieža kvarcošanās.

Skarni (jeb skārni) ir brūngani, pelēki, zaļganbrūni, parasti tumšas krāsas nevienmērīgi graudaini ieži, kuros bieži labi izdalās granātu graudi. Skarnu tekstūra tipiski plankumaina. Sastāvā ir galvenokārt piroksēni un granāti ļoti mainīgās daudzuma attiecībās. Tie veidojas, hidrotermāliem šķīdumiem iedarbojoties uz kaļķakmeņiem vai marmoriem, visbiežāk granīta intrūziju kontaktzonā vai tās tuvumā.

5.6.3. | Kontakttermālā metamorfisma ieži

Ragieži ir pelēki, zaļganpelēki, brūni, sarkanbrūni vai melni, tiem ir tipiska slēptkristāliska vai sīkgraudaina uzbūve, kuras dēļ to minerālu sastāvs makroskopiski nav precīzi nosakāms. Slānisku ragiežu paveidu sauc par mezglainiem slānekļiem un ragiežu slānekļiem. Tipisku ragiežu tekstūra ir blīva, masīva. Ragiežos pēc izveidošanās atdziesot ļoti bieži veidojas plaisas, kas savstarpēji krustojas un turpmāk aizpildās ar kvarcu vai citiem ļoti gaišiem minerāliem, spilgti izdaloties uz kopīgā tumšākā ieža fona. Ragiežu diagnostikas pazīmes ir neorientēts porfīrblastu izvietojums un tādu minerālu klātbūtne, kas veidojas augstā temperatūrā (andaluzīts, kordierīts, korunds un citi). Ragieži veidojas, metamorfizējoties kvarcu un laukšpatu saturošiem iežiem, māliem, merģeļiem, kā arī kaļķakmeņiem un dolomītiem, ja to sastāvā ir silikātu minerāli.

Marmorī ir praktiski monominerāli kalcīta, dažreiz arī dolomīta, ieži ar labi redzamu granoblastisku, biežāk – nevienmērīgi graudainu struktūru un masīvu vai plankumainu, daudz retāk joslainu tekstūru.

Marmorā kristālu graudi var sasniegt vairāku centimetru lielumu, tomēr raksturīgi ir marmori ar sīkgraudainu struktūru. Marmora krāsa ir balta ar dažādām nokrāsām, reizēm gandrīz bezkrāsaina, dažādās nokrāsās pelēka, dzeltena, zaļa, brūna, sarkana, melna, bet masīvā ieži visbiežāk ir daudzkrāsaini, raibi vai dzīslaini. Visiem marmoriem raksturīga zema cietība (viegli ieskrāpējami ar dzelzs priekšmetiem) un reakcija ar 10% HCl šķīdumu.

Marmori veidojas tikai no tīriem kaļķakmeņiem un dolomītiem. Ja karbonāti satur daudz aksesoro minerālu, tad veidojas ragieži. Ja karbonātos ir daudz silīcija un alumīnija oksīdu, veidojas jauni minerāli – tremolīts, diopsīds, vezuviāns, glosulārs, plagioklāzs. Tāpēc nereti aprakstos atrodams ieža apzīmējums – tremolīta marmors un tamlīdzīgi. Marmori parasti veido salīdzinoši nelielus masīvus un iegulas. Attālinoties no kontaktzonas, marmori pakāpeniski pārvēršas metamorfizētos kaļķakmeņos vai dolomītos, kas savukārt pāriet nepārveidotos nogulumiežos.

Kvarcīti un kvarca slānekļi ir pelēcīgi, dzeltenbalti, pelēki, brūni, dažreiz zaļganpelēki ļoti cieti kvarca ieži. To struktūra ir granoblastiska, visbiežāk vienmērīgi smalkgraudaina, tekstūra ir masīva vai reti – slāniska. Iežu sastāvā bieži ir gandrīz tīrs kvarcs ar nelielu citu minerālu piejaukumu. Veidojas no silīcītu sastāva nogulumiežiem un kvarca smilšakmeņiem, kas satur maz cementējošā (īpaši karbonātiskā) materiāla. Ja cilmiežos ir daudz karbonāta cementa, tad veidojas ragieži. Kvarcītiem raksturīgi, ka to atskaldījuma vai lūzuma virsma nekad nav spoguļgluda, jo vienmēr saglabājas cilmiežu graudainības reliktās pazīmes.

5.6.4.

Reģionāli metamorfizēti ieži

Reģionāli metamorfizēti ieži (nereti tos sauc par reģionālā metamorfisma iežiem) ir galvenā metamorfo iežu grupa, kurā ietilpst ļoti daudz stipri atšķirīgu iežu. Daudzveidība saistīta ar dažādajiem apstākļiem, kādos veidojušies ieži, un cilmiežu sastāva atšķirībām. Reģionālā metamorfisma procesi var notikt ļoti dažādā dziļumā (no dažiem desmitiem metru no Zemes virsas līdz litosfēras apakšējai robežai), dažādā temperatūrā (no aptuveni 300 °C līdz 900–1000 °C) un atšķirīgā spiedienā (no 3–5 līdz 15 000 un vairāk atmosfēru).

Iežu veidošanās apstākļus parāda to uzbūves īpatnības un minerālu sastāvs. Piemēram, slāniskā tekstūra vienmēr liecina par iežu veidošanos samērā zemā temperatūrā, to pašu norāda arī raksturīgu minerālu (kaolinīta, hlorīta, sericīta, talka, serpentīna) klātbūtne iežos. Augstākā temperatūrā biežāk veidojas joslainas tekstūras ieži, kas var saturēt silimanītu un distēnu, sevišķi augstā temperatūrā (vairāk nekā 800 °C) parasti veidojas masīvas tekstūras ieži ar korundu un olivīnu. Sericīts, kaolinīts un opāls sastopami tikai zemā spiedienā veidojušos iežos, vidēja spiediena apstākļos rodas andaluzīts, kordierīts, bet olivīns un silimanīts – tikai ļoti augsta spiediena ietekmē.

Sarp reģionāli metamorfizētiem iežiem nereti ir tādi, kas veidojas arī kontakta vai metasomatiskā metamorfisma procesos. Tie ir serpentīnīti, talka, hlorīda un aktinolīta ieži un slānekļi, marmori un kvarcīti, kas jau aprakstīti iepriekšējās nodaļās. No iežiem, kas rodas tikai reģionālā metamorfisma apstākļos, vislielākā nozīme ir dažiem slānekļu tipiem, gneisiem, amfibolītiem, eklogītiem un migmatītiem.

Visizplatītākie reģionāli metamorfizētie ieži ir slānekļi, gneisi, kristālslēnekļi un amfibolīti. Lai arī ar terminu "slānekļi" vispārējā ģeoloģijā un iežu makroskopiskajos pētījumos saprot vāji metamorfizētus izteikti slāniskus (slāņainus) un zvīņainus iežus, pareizi tos būtu lietot daudz šaurākā nozīmē – tikai attiecībā uz zaļakmens slānekļiem –, un tas būtu jāņem vērā, iepazīstoties ar speciālo literatūru un iežu noteicējiem.

Māla slānekļi ir tumšpelēki vai melni, dažreiz brūngani vai zaļgani ieži. Struktūra ir blastopelītiska, tekstūra – tipiski slāniska. Tie ir cieti ieži, kas ūdenī neizmirst un bieži sašķeļas paralēlos virzienos dažāda biezuma plāksnēs. Māla slānekļa sastāvā ir galvenokārt hidromuskovīts un kaolinīts, tas var saturēt organiskas izcelsmes oglekli un dzelzs sulfīdus. Veidojas no māla iežiem tikai sākotnējās metamorfisma stadijās zema spiediena apstākļos.

Filīti ir slēptkristāliski vai smalkgraudaini lepidoblastiskas struktūras ieži ar izteikti slānisku tekstūru. Nereti filītus sauc par kalnu šiferiem, īpaši Vācijā un Austrijā. To krāsa ir ļoti mainīga – no sudraboti baltas līdz tumšpelēkai, ļoti bieži zaļganpelēka. Filīti sastāv galvenokārt no kvarca un sericīta. Ieži parasti šķeļas plānās plāksnītēs, kam raksturīga zīdaini spīdīga virsma. Filīti veidojas no māla

slānekļiem un līdzīgiem iežiem, kas satur kvarcu un laukšpatus, vāja metamorfisma apstākļos.

Zaļie slānekļi (zaļakmens slānekļi) ir zaļi, bieži pelēcīgas nokrāsas slāniski ieži, kuru sastāvā ir hlorīts, albīts, muskovīts, aktinolīts, epidots un citi minerāli. To struktūra ir granoblastiska, lepidoblastiska vai nematoblastiska, arī graudu izmēri iezī ir visai atšķirīgi – no sīkgraudaina līdz vidēji graudainam. Zaļie slānekļi ir blīvi un smagi ieži, kas veidojas zemā temperatūrā, metamorfizējoties vidēji skāba un bāziska sastāva magmatiskajiem iežiem un mergēļiem.

Vizlas slānekļi ir slāniskas tekstūras un tipiski lepidoblastiskas struktūras ieži, kas sastāv no subparalēli orientētām vizlas zvīņām. Slānekļu krāsa ir ļoti nepastāvīga un mainās no ļoti gaišas, sudrabaini vai iedzelteni baltas līdz melnai. Vizlas slānekļu sastāvā ir muskovīts, biotīts un citi vizlu minerāli. Visbiežāk vizlas slānekļi rodas no māla iežiem, filītiem un citiem kvarcu un laukšpatus saturošiem iežiem, tiem metamorfizējoties salīdzinoši augstas temperatūras un spiediena apstākļos.

Hlorīta slānekļi un ieži ir zaļi, dažreiz tumši zaļi, pat gandrīz melni minerāla hlorīta ieži ar izteikti slānisku vai retāk masīvu tekstūru. Hlorīta slānekļu struktūra ir lepidoblastiska, bieži rupjgraudaina vai pat lielgraudaina. Raksturīgi ir labi veidoti magnetīta oktaedriski kristāli, nereti arī karbonāti (galvenokārt kalcīts). Ja karbonātu ir daudz, tad šo iezi sauc par karbonātu – hlorītu slānekli. Hlorīta iežu cietība ir augsta, un taustot iezis šķiet taukains.

Talka slānekļi un ieži ir dažādu nokrāsu pelēki vai ieaļgani, retāk tumšpelēki ieži ar tipisku lepidoblastisku, retāk granoblastisku, smalkgraudainu struktūru. To tekstūra ir izteikti slāniska vai masīva, nereti plankumaina. Ieža sastāvā bieži ir gandrīz tīrs talks, tāpēc tas parasti ir mīksts iezis (sinonīms – talkakmens). Nereti satur karbonātus (galvenokārt kalcītu). Ja karbonātu ir daudz, tad šo iezi sauc par karbonātu – talka slānekli.

Daudz retāk sastopami citi slānekļi, kuru nosaukumi tiek veidoti pēc kāda dominējoša vai raksturīga minerāla, piemēram, *grafīta slānekļi* ir melni, blīvi, sīkgraudaini slāniskas tekstūras ieži, un to sastāvā raksturīgākais minerāls ir grafīts. Nereti šos iežus attiecina pie kristāliskajiem slānekļiem (ja nav izteiktas slāniskas tekstūras).

Kristāliskie slānekļi (jeb kristālslānekļi) ir gaišpelēki, pelēki, tumšpelēki smalkgraudaini vai ieži ar vidēji lieliem graudiem, kam labi

izteikta slāniska tekstūra. Tā ir ļoti plaša iežu grupa, un šo apvienošo nosaukumu lieto tikai tad, ja precīzāk tos noteikt nav iespējams. Dabā kristālslānekļi ir plaša iežu grupa, kurus apvieno vidēja, dažreiz augsta metamorfisma pakāpe. Tos veido kvarcs, muskovīts un biotīts ar lielu silimanīta, andaluzīta, dažreiz arī almandīna un citu metamorfo minerālu piemaisījumu. Kristālisko slānekļu struktūra ir lepidoblastiska vai granoblastiska, nereti porfīrblastiska. Slānekļiem ir raksturīga vizlas zvīniņu un citu minerālu koncentrēšanās paralēlos smalkos slānīšos, kas izceļ ieža slānisko tekstūru. Tipiskākā kristālisko slānekļu īpašība – tie nesatur laukšpatus. Kristāliskie slānekļi veidojas no mālu iežiem, filītiem un vizlas slānekļiem to turpmākā pārkristalizācijas procesā.

Kristāliskos slānekļus iedala pēc dominējošiem minerāliem: vizlu (muskovīta, biotīta) slānekļi, kvarca un granātu (parasti almandīna) slānekļi, arī distēna, grafitā un citi slānekļi. Tomēr šāda klasifikācija ir visai nosacīta, jo daudz izplatītāki ir jaukta sastāva kristāliskie slānekļi, piemēram, vizlas un granātu slānekļi. Svarīgākā to pazīme ir granoblastiska struktūra, vidēji izteikts slāniskums un veidošanās reģionālā metamorfisma apstākļos.

Ragmāņa (amfibola) slānekļi ir tumši ieaļgani pelēki, melni, retāk zaļganmelni slāniski ieži, kam raksturīga granoblastiska vai nematoblastiska struktūra, graudainība – no smalkas līdz vidējai. Sastāv no ragamāņa, nereti ar nelielu plagioklāzu, kvarca un biotīta piemaisījumu. Makroskopiski iezis ir grūti nosakāms, jo nav drošu to atšķiršanas pazīmju no amfibolītiem, ja nu vienīgi ir kādu minerālu pazīmes, kas norādītu uz iežu veidošanos metamorfisma sākotnējās stadijās, vāja metamorfisma pakāpi – izteikts sīkgraudainums, slāniskums, relikta struktūras.

Amfibolīti ir ragamāņu vai ragamāņu un plagioklāza ieži, to krāsa ir melna, bieži zaļganpelēka, tumša. Ieža struktūra ir izteikti graudaina, graudi – vidēja lieluma un rupji, tekstūra – masīva vai nedaudz lineāri slāniska. Svaigos paraugos ragamāņu kristāli ir skaidri saskatāmi kā melni, ar stiklainu spīdumu, bet pēc neilga laika ieža paraugi it kā pārklājas ar raksturīgu pelēku vai viegli ieaļganu uzsūbējumu. Laukšpata graudi amfibolītā parasti ir ļoti gaiši, un tie piešķir iežiem raksturīgu melnbaltu (pat raibu) izskatu. Pareizāk tos būtu kopā saukt par amfibolītiem un plagioklāza amfibolītiem. Sastāva ziņā tie atbilst

bāziska un ultrabāziska sastāva magmatiskajiem iežiem vai dažiem ar dzelzi un magniju bagātiem nogulumiežiem. Uzska, ka amfibolīti parasti veidojas no bāziskajiem iežiem, zaļajiem slānekļiem, gnei- siem un serpentīniem.

Kvarcīti un *marmors* pēc veidošanās konkrētajiem apstākļiem visbiežāk tiek aprakstīti un klasificēti kā metasomatiski metamorfie ieži (skatīt iepriekšējās nodaļas), tomēr šīs parādības gandrīz vienmēr ir reģionālā metamorfisma daļa.

Gneisi ir iesārti pelēki, pelēki vai tumšpelēki, retāk sarkani vai gaiši sārti ieži ar raksturīgu joslainu (gneisveida) tekstūru. To struktūra ir granoblastiska, parasti smalkgraudaina vai ar vidēji lieliem graudiem. Gneisu sastāvā vienmēr ir kālija un nātrija laukšpati, plagioklāzi, gandrīz vienmēr arī kvarcs un tumši krāsotie minerāli, galvenokārt biotīts, amfiboli, piroksēni, distēns un citi. Ārēji gneisi var līdzināties arī magmatiskajiem iežiem, no kuriem tie atšķiras ar joslainu, svītrainu izskatu, ko rada gaišo un tumšo minerālu koncentrēšanās plānās paralēli izvietotās josliņās. Raksturīgākā iezīme ir lielais laukšpatu skaits. Izšķir *ortogneisus* (veidojušies, metamorfizējoties skābajiem un vidēji skābajiem magmatiskajiem iežiem) un *paragneisus* (veidojas galvenokārt no māliem). Paragneisu iezīme ir paaugstināts biotīta saturs, ortogneisu – biežie magmatisko iežu atlūzu un fragmentu ieslēgumi.

Migmatīti sastāva ziņā ir neviendabīgi sārti pelēki vai tumši pelēki ieži, kuros metamorfo iežu, visbiežāk gneisu vai amfibolītu, joslas sakārtotas paralēli granīta sastāva materiālam. Migmatītu tekstūra ir joslaina, struktūra – parasti smalkgraudaina. Iežu granītiskajai daļai var būt arī vidēji lieli graudi, pat rupjgraudaina struktūra. Ja pētāmais paraugs ir pietiekami liels, tajā var konstatēt pamatmasu (jeb substrātu), kas parasti ir vidējas un augstas metamorfisma pakāpes ieži – kristāliskie slānekļi, un iekrokoto dzīslu un lēcu daļu – tie ir ieži, kuru sastāvs tuvs granītu, aplītu vai pegmatītu sastāvam. Atsevišķu kārtu biezums migmatītos nav pastāvīgs un mainās no milimetra daļām līdz vairākiem centimetriem. Ieža kārtojums nereti ir neregulāri sakrokots, un tas piešķir migmatītiem savdabīgu, tikai tiem raksturīgu izskatu. Detalizētos pētījumos blakus slāņainiem migmatītiem izšķir arī blāķu migmatītus (agmītus), ēnu migmatītus (nebulītus un daudz retāk sastopamus zarainus un tīklainus ptigmatītus), sīkkrokotus un citus migmatītu paveidus.

Eklogīti ir granoblastiskas vai porfīrblastiskas struktūras ieži zaļā vai pelēkzaļā krāsā. Tie ir rupjgraudaini vai ar vidēji lieliem graudiem. Ieža tekstūra ir masīva, dažreiz novērojama neskaidri izteikta minerālu graudu orientācija vienā virzienā. Tie ir augsta spiediena un augstas temperatūras apstākļos veidojušies ļoti smagi (blīvums var sasniegt pat $4,2 \text{ g/cm}^3$) ieži, kas ķīmiskā sastāva ziņā ir ļoti līdzīgi gabro. Eklogītu sastāvā ir izteikti spilgti zaļš piroksēnu grupas minerāls omfacīts un granāti, galvenokārt pirops, piejaukumā nelielā daudzumā var būt arī hiperstēns, distēns, sanidīns, rutils un citi minerāli. Iezim ir raksturīga krāsa, struktūra, liels blīvums un brūngani sarkano piropu kristaloblasti zaļajā pamatmasā, kas ļauj tos atšķirt no citiem. Eklogīti ir reti ieži, un tiek uzskatīts, ka tie veidojas nevis Zemes garozā, bet mantijas augšējā daļā un Zemes virspusē nonāk, pārvietojoties tektoniskajos vai magmatiskajos procesos.

5.7. | Metamorfo iežu noteikšana

Metamorfie ieži ir ļoti daudzveidīgi, tos noteikt ir sarežģīti, un ne vienmēr to precīzi var izdarīt pat laboratorijas apstākļos. Tāpēc makroskopiski ir jānosaka vismaz metamorfo iežu grupu un svarīgākie iežus veidojošie minerāli, to tekstūra un struktūra. Metamorfajiem iežiem tekstūra un struktūra un tās mainīgums ir ļoti izteikta atšķirības pazīme no nereti vizuāli līdzīgajiem magmatiskajiem iežiem. Tāpēc iežu parauga izvēle ir ļoti svarīga – tam ir jābūt raksturīgam, jo nereti tiek noskaldīti paraugi no dažādiem ieslēgumiem, dzīslām vai atsevišķām kārtām, kuru analīze sniedz kļūdainu priekšstatu par ieži kopumā.

5.7.1. | Darba gaita

Metamorfo iežu makroskopisku noteikšanu pareizāk sākt ar ieži veidojošo galveno minerālu diagnostiku – ir jānosaka galvenie, raksturīgie, tie, kuru ir visvairāk, un jācenšas aptuveni novērtēt galveno minerālu proporcijas. Nākamajā pētījumu posmā jānovērtē ieža tekstūra, vienkāršoti nodalot gneisveida (lineāri slāniska), lineāra, joslaina, sīkkrokota, masīva, brekčijveida tekstūras. Arī struktūras jāapskata, vienkāršoti nodalot kristaloblastiskas (graudainas, zvīņainas,

šķiedrainas, porfīrblastiskas) un kataklastiskas (kataklastiska jeb drupu, porfīrklastiska jeb cementācijas, milonīta – drupināti joslaina). Pārējās tekstūras un struktūras tomēr būtu jānosaka laboratorijas apstākļos, veicot īpašus pētījumus un salīdzinot novērojumus ar atlantiem un katalogiem. Svarīgi atcerēties, ka matamorfajiem iežiem nereti pat vienā paraugā var konstatēt vairāku atšķirīgu tekstūru pazīmes, tāpēc tās visas ir jāatzīmē pierakstos.

Kad šie trīs pētījuma soļi ir veikti, vajadzētu veidot metamorfā ieža nosaukumu pēc noteiktām īpašībām un iežu aprakstiem, lieti noderētu arī novērojumu salīdzināšana ar raksturīgu iežu kolekcijām un iežu attēliem.

Darba gaitas piemērs ir atspoguļots 19. tabulā. Tajā redzama vienkāršotu makroskopisku novērtējumu secība līdz ieža nosaukuma diagnostikai.

5.7.2. | Vienkāršota metamorfo iežu noteikšanas shēma

Vienkāršota metamorfo iežu noteikšana tiek veikta četros soļos noteiktu darbību secībā (sk. 20. tabulu). Shēmas izpilde negarantē, ka iezis būs pareizi noteikts un tas būs izdarīts vienmēr veiksmīgi, tomēr tas ir drošs ceļš, kā orientēties visai daudzveidīgajos metamorfajos iežos un plānot pētījumus laboratorijā, lai precizētu ieža nosaukumu un apgūtu papildu zināšanas.

Pētījuma realizācijas secība

- ✓ Pirmais solis – ieža struktūras novērtēšana.
- ✓ Otrais solis – tekstūras, galveno un raksturīgo minerālu noteikšana.
- ✓ Trešais solis – metamorfā ieža nosaukuma veidošana.
- ✓ Ceturtais solis – iespējamā cilmes ieža novērtēšana.

19. tabula. Metamorfo iežu noteikšanas darba gaitas piemērs

Konstatētie minerāli	Tekstūra	Struktūra un citas vizuāli noteiktas pazīmes	Iespējamais ieža nosaukums
Kvarcs, gaišas krāsas laukšpati, ragmāņi, piroksēni, vizlas	Lineāri slāniska, vietām joslaina	Graudaina, vidēji un rupji kristāliska. Krāsa gaiši pelēka, vietām – gaiši sārtā	Gneiss
Vizlas, nedaudz kvarcs un laukšpati	Masīva vai lineāra	Zvīņaina vai blīva. Krāsa tumši pelēka	Vizlu slānekļis
Sīkrgaudaini kristāliņi līdz slēptkristāliskiem – atsevišķi minerāli nav atšķirami. Nedaudz vizlas	Masīva, blīva	Slēptkristāliska vai sīkkristāliska. Lūzuma virsmā nemetāliskis zīda spīdums. Krāsa tumši pelēka, melna	Filīts
Ragmāņi, nedaudz laukšpati	Masīva, lineāra	Sīki un vidēji graudaina. Krāsa tumši zaļgana, zaļgani melna	Ragmāņa slānekļis
Hlorīts	Masīva, krokota	Sīkkristāliska, vietām vidēji graudaina. Krāsa pelēki zaļa, tumši zaļa	Hlorīta slānekļis
Kvarcs, laukšpati, vizlas, ragmāņi, augīts	Joslaina, vietām sīkkrokota	Dažādi graudaina (sīkkristāliski un vidērgraudaina) struktūra. Krāsa pelēka, slāņos mijas ar sārti pelēku	Migmatīts
Kvarcs	Masīva, vietām nedaudz joslaina	Sīkkristāliska. Krāsa gaiši sārtā, pelēcīgi sārtā, spīdīga atskaldījuma vietā	Kvarcīts
Kalcīts	Masīva, nedaudz joslaina	Slēptkristāliska. Pelēkos toņos ar pakāpeniskām pārejām, redzams dzīslējums	Marmors
Ragmāņi, plagioklāzi	Masīva	Sīki un vidēji kristāliski graudaina. Krāsa tumši zaļa līdz melnai	Amfibolīts
Serpentīna grupas minerāli	Masīva, joslaina	Slēptkristāliska, sīkkristāliska. Krāsa zaļgana, pelēcīgi zaļgana, vietām dzeltenīgi pelēka	Serpentinīts

20. tabula. Vienkāršotas metamorfo iežu noteikšanas un klasificēšanas shēmas piemērs

Pirmais solis – ieža struktūras novērtēšana	Otrais solis – tekstūras, galveno un raksturīgo minerālu noteikšana	Trešais solis – metamorfa ieža nosaukuma veidošana	Ceturtais solis – iespējamā cilmes ieža novērtēšana
Masīva, vietām joslaina struktūra	Plākšņains, viegli sadalās plāksnītēs, veidojot virsmas ar metālisku spīdumu	Filīts	Aleirolīts, argilīts vai slānekļis
Plākšņaina vai nav plākšņaina. Vidēji vai rupji graudaina	Amfibolu kristāli ir redzami ar metālisku spīdumu	Amfibolīts	Bazalts, gabro vai ultrabāziski magmatiskie ieži
Sīkgraudaina vai slēptkristāliska	Masīvs, blīvs tumšā krāsā	Ragiezis	Visi iežu tipi
Slēptkristāliska, vai var atšķirt atsevišķus graudus	Talks, kristālus var ieskrāpēt ar nagu, krāsa zaļgana, pelēka, brūna, retāk balta	Talka slānekļis (ziepiakmens)	Bazalts, gabro vai ultrabāziski magmatiskie ieži
Smilšaina, sīkgraudaina vienmērīga struktūra	Kvarca smilts graudi sacementēti kopā, atsevišķi graudi nav atdalāmi, parasti gaišā krāsā	Kvarcīts	Smilšakmens
Smalki un rupji graudaina kristāliska tekstūra	Cieši saistīti aptuveni vienāda lieluma kalcīta kristāli. Reaģē ar HCl	Marmors	Kalkakmens

Pēcvārds

Lasītājs ir apguvis minerālus un iežus, ir iepazinies ar raksturīgiem to attēliem un zina, kā vienkāršoti tos noteikt. Tas ir īstais brīdis pašiem visu izmēģināt. Kurp doties meklēt iežus un minerālus? Varētu sākt ar tuvumā esošajām grantsbedrēm vai akmeņainu jūrmalu, der arī akmeņaini upju krasti un savākto akmeņu kaudzes gar lauku malām vai māju drupu paliekas – tur ir ļoti daudz ko pētīt, var atrast gandrīz pusi no aprakstītajiem iežiem, un vērīgs pētnieks konstatēs vismaz 30–40 dažādus minerālus. Tomēr visbagātīgākās kolekcijas var savākt gar dzelzceļa uzbūrumiem, tikai šeit gan vispirms ir jāievēro visi drošības pasākumi, kolekcijas šeit nav vācamas skolēnu grupās, kurās bērnu aizrautība ne vienmēr ir sabalansējama ar nepieciešamajiem drošības pasākumiem. Tas pats attiecas arī uz paraugu ievākšanu gar lielajiem autoceļiem vai karjeros, kas tiek izmantoti.

Kas jāņem līdzi? Ir vajadzīga tikai piezīmju klade un rakstāmais, āmurs, lupa (ar palielinājumu 3–6 reizes), īlens vai nagla, 10% sālsšķābe rūpīgi noslēgtā mazā pudelītē, porcelāna lauska (svītras noteikšanai), vienkāršoti Mosa skalas aizstājēji (vara sakausējuma monēta, stikla gabaliņš, tērauda nagla vai nazis), leikoplasts (paraudziņu numurēšanai), ietinamais papīrs un nedaudz vates (paraudziņu iepakojšanai), kā arī kāds iežu un minerālu noteicējs.

Ko darīt, ja nav iespējams noteikt iezi vai minerālu un tas ir svarīgi? Vispirms ir jāmēģina atkārtoti noteikt īpašības. Vajadzētu atrast kādu grāmatu par iežiem un minerāliem, kas apraksta ne tikai raksturīgākās pamata īpašības, bet arī plašāk skaidro tās un uzrāda arī blakus pazīmes, īpašību iespējamās izmaiņas. Ja tas neizdodas, tad vajadzīga ir zinošāka cilvēka palīdzība, un nav pamata kautrēties to lūgt Alūksnes novadpētniecības un mākslas muzejā, Latvijas Dabas muzejā, Daugavpils Universitātes Dabaszinātņu un matemātikas fakultātē (Ķīmijas un ģeogrāfijas katedrā), Rēzeknes Augstskolas Inženieru fakultātē (Dabas zinātņu katedrā), Latvijas Lauksaimniecības universitātes Lauksaimniecības fakultātē vai Lauku inženieru fakultātē (Vides un ūdenssaimniecības katedrā), Rīgas Tehniskās universitātes Būvniecības fakultātē un Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultātē, Latvijas Universitātes Ģeoloģijas muzejā vai Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātē.

Literatūra

- Lagzdiņa, S., Sedmalis, U., Korte G., Gross, K. *Kristalogrāfija un mineraloģija – terminoloģijas vārdnīca*. Rīga: Zinātne, 1993. 226 lpp.
- Latviešu – krievu un krievu – latviešu ģeoloģisko terminu vārdnīca. Rīga: LU, 1995. 278 lpp.
- Hyndman. *Petrology of Igneous and Metamorphic Rocks*. McGraw-Hill, New York, 1972. 533 p.
- Streckeisen, A. *Classification and nomenclature of plutonic rocks: Recommendations of the IUGS Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks: Geologische Rundschau Internationale Zeitschrift für Geologie: Stuttgart*, v. 63, 1974. p. 773–785.
- Streckeisen, A. *To each plutonic rock its proper name: Earth Science Reviews*, v. 12, 1976. p. 1–33.
- Streckeisen, A. *IUGS Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks: Classification and nomenclature of volcanic rocks, lamprophyres, carbonatites and melilitic rocks. Recommendations and suggestions: Neues Jahrbuch für Mineralogie*, v. 134, 1978. p. 1–14.

Nepublicēta

- Kuršs, V. u. c. *Atskaite par tēmu Nr. 1433 "Nogulumiežu klasifikācijas sagatavošana"*. Rīga: LU Ģeoloģijas institūts. 1996. 38 lpp. + pielikumi.

Papildu lasīšanai

- Birķis, A., Zabele, A. *Metamorfo iežu petrogrāfija. Mācību līdzeklis ģeoloģijas specialitātes studentiem*. Rīga: Valsts ģeoloģijas dienests – Latvijas Universitāte, 1996. 94 lpp.
- Birķis, A., Zabele, A. *Magmatisko iežu petrogrāfija. Mācību līdzeklis ģeoloģijas specialitātes studentiem*. Rīga: Valsts ģeoloģijas dienests – Latvijas Universitāte, 1996. 260 lpp.
- Cox, K. G., Price, N. B. and Harte, B. *The Practical Study of Crystals, Minerals and Rocks*. London: McGraw-Hill Book Co. Ltd., 1974. 245 pp.
- Cvancara, Alan M. *A Field Manual for the Amateur Geologist: Tools and Activities for Exploring our Planet*. Toronto: Jossey-Bass, 1995. 352 pp.
- Deeson, A. F. L. *The Collector's Encyclopedia of Rocks and Minerals*. London: Peerage Books, 1973. 288 p.
- Dietrich, R. V. *Stones: Their Collection, Identification and Uses*. Cambridge Geoscience Press, 1994. 208 p.

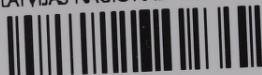
- Lahee, F. H. *Field geology*. Vol. 1–2 London: McGraw-Hill Book Company Inc., 1961 (pieejams arī tulkojums krieviski, izdevniecība Мир, Москва, 1966).
- Lambert, D. *The field guide to geology, Facts on File, Inc.* New York, 1988. 256 p.
- Pough, F. H., Scovil, J., Peterson, R. T. *A Field Guide to Rocks and Minerals (Peterson Field Guides (R))*. New York: Houghton Mifflin, 1998. 542 pp.
- Prinz, M. et al (eds.) *Simon & Schuster's Guide to Rocks and Minerals (Rocks, Minerals and Gemstones)*. New York: Fireside. 607 p.
- Simpson, Brian. *Rocks and Minerals*. London: Pergamon Press, 1983. 302 p.
- Sorrell, Ch. A. *Rocks and Minerals; a Guide to Field Identification*. Golden Guides from St. Martin's Press, 2001. 280 p.
- Лодочников, В. Н. *Краткая петрология без микроскопа*. Москва: Госгеолтехиздат, 1956. 146 с.

Interneta avoti

- Интерактīva iеžu un minerālu noteikšana – Немец, Ф. Ключ к определению минералов и пород. Москва: Недра, 1982. <http://kubera.narod.ru/kluch/main.htm>

Lg: 2.57

LATVIJAS NACIONĀLA BIBLIOTĒKA



0308019059



Valdis Segliņš,
Dr. ģeol., Latvijas Universitātes
asociētais profesors

Ieži ir mums visapkārt – tā ir gan smilts un grants, gan akmeņi un klintis. Daudz ir arī mākslīgi veidotu iežu, pie kuriem ir pieskaitāma arī lielākā būvmateriālu daļa, bet arī to ražošanai tiek izmantoti dabiski veidojušies ieži. Ir taču interesanti uzzināt, no kā tas viss ir veidots, kāpēc tie akmeņi ir tik dažādi?

Laī arī minerāli nereti ir daudz krāšņāki un saistošāki, tikai iežos tie spēj parādīt savu patieso daudzveidību – ir iespējams atrast divus vai vairākus vienādus minerālu kristālus, bet ieži vienmēr būs atšķirīgi. Neticat? Tad pamēģiniet atrast divus pilnīgi vienādus akmeņus!

Grāmata ir adresēta dabaszinību un ģeogrāfijas skolotājiem kā palīglīdzeklis darbam galvenokārt vidusskolā un var būt noderīga arī pirmo kursu studentiem, kas vēlas iegūt pamata zināšanas par iežiem. Tā ir veidota kā norādījumi interesentiem – kā ar vienkāršām metodēm makroskopiski noteikt pasaulē biežāk sastopamos iežus lauka praktiskajos darbos, ekskursijās, praksēs vai vienkārši apmierinot savu zinātkāri.

Grāmata ir "Izdevniecības RaKa" izdevuma "Minerāli un ieži" otrā daļa un ļaus dabas vērotājiem un atklājumu meklētājiem uzzināt daudz jauna līdz šim mazāk zināmajā pasaulē!

Grāmatai pievienots kompaktdisks ar plašāk izplatīto iežu attēliem.

ISBN 978-9984-15-893-8



9 789984 158938