

## MINERALOŠKE KARAKTERISTIKE LITOSFERE

Litosfera, čvrsti omotač Zemlje, izgrađena je od **stena** - prirodnih mineralnih agregata definisanog sastava i sklopa. Stene su dakle sve prirodne tvorevine određenog sastava i strukture, bez obzira na njihovu čvrstinu, izuzimajući organske produkte. Stene mogu biti izgrađene od jednog (monomineralne) ili više minerala (polimineralne).

**Minerali**, konstitutivni elementi stena, se najčešće definišu kao prirodna čvrsta tela određenog hemijskog sastava, koji se može prikazati hemijskom formulom (strukturnom ili empirijskom) i tačno određene unutrašnje građe.

Broj minerala koji su do danas u prirodi pronađeni i određeni prelazi 3000, ali to izvesno nije konačan broj jer savremene metode koje se koriste prilikom njihovog preciznog određivanja omogućavaju detaljnija raščlanjavanja unutar pojedinih mineralnih vrsta i definisanje novih minerala. Od oko 150 minerala koji učestvuju u izgradnji stena (**petrogeni minerali**), svega nekoliko desetina predstavljaju bitne sastojke koji svojim prisustvom određuju vrstu stene.

Minerali se, kako je već rečeno, odlikuju svojim hemijskim sastavom i određenom unutrašnjom građom, od čega im zavise fizičke osobine i spoljašnji oblici.

## HEMIJSKI SASTAV MINERALA

U hemijskom pogledu minerali mogu biti različita, ponekad dosta složena, jedinjenja ili, ređe, elementi. Među petrogenim mineralima najčešći su, što logično proističe iz poznatog hemijskog sastava Zemljine kore, silikati, dok su manje zastupljeni oksidi, karbonati, sulfidi, sulfati i td.

Važan sastojak nekih minerala je voda. Ona se može pojaviti u više oblika i to:

**Mehanički uklopljena** - kada je voda zahvaćena prilikom rasta kristala (ovakve mehaničke uklopke, bilo da su tečni, gasoviti ili čvrsti, nazivamo **inkluzijama**) i praktično predstavlja u njemu strano telo. Kao takva, jasno je da se ne prikazuje hemijskom formulom minerala.

**Higroskopna** - pojedini minerali imaju osobinu higroskopnosti, odnosno upijanja vlage iz okolne sredine. Vodu iz ovakvih minerala je lako odstraniti zagrevanjem do nekoliko desetina stepeni bez posledica po njegova osnovna svojstva. Takođe ne ulazi u hemijski sastav minerala pa se ne prikazuje hemijskom formulom.

**Koloidna** - kod minerala nastalih koagulacijom iz koloidnih rastvora voda može, istina sasvim slabo vezana, oblagati čestice. Količina koloidne vode nije striktno određena, pa se njen sadržaj u hemijskim formulama označava sa  $n\text{H}_2\text{O}$ . Isušivanjem, veze koje drže vodu se lako kidaju. Karakterističan primer je mineral opal -  $\text{SiO}_2 \times n\text{H}_2\text{O}$ .

**Kristalna** voda - voda se kod minerala koji je sadrže u ovakvom obliku vezuje u vreme kristalizacije i njen raspored u kristalnim rešetkama je tačno određen. Količina kristalne vode je strogo definisana, pa se prikazuje u hemijskim formulama minerala (gips -  $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ ). Odstranjivanjem ovako vezane vode svojstva minerala se menjaju.

**Konstituciona** - predstavlja deo strukture minerala. Hidroksilne grupe (OH) su čvrsto vezane u kristalnim rešetkama i ovakva voda se ne može odstraniti bez rušenja kristalne strukture minerala. U hemijskim formulama označava se sa (OH).

## OBLIK I NAČIN POJAVLJIVANJA MINERALA

U prirodi minerali se mogu pojaviti kao tela pravilnog i nepravilnog oblika. Ukoliko poseduju pravilnu unutrašnju građu - definisanu kristalnu rešetku u kojoj postoji tačno određen raspored jona (atoma i molekula), tada će im i spoljašnji oblik biti pravilan. Takve minerale nazivamo **kristalima**. U slučajevima kada ne postoji pravilna unutrašnja građa, minerali se pojavljuju u nepravilnim - **amorfnim** oblicima.

Nisu, međutim, ni sva zrna kristalnih minerala u potpunosti razvijena, što će zavistiti od uslova kristalizacije, odnosno rasta kristala. Ukoliko postoji dovoljna koncentracija materije u rastvoru ili rastopu, dovoljno vremena za razviće kristala i dovoljno prostora, mineral će se pojaviti u pravilnom - **idiomorfnom** obliku. Kako u prirodi najčešće nisu u potpunosti zadovoljeni svi ovi uslovi, mineral može biti samo delimično pravilan - **hipidiomorfan** ili nepravilan - **ksenomorfan (alotriomorfan)**. Retka su izolovana

mineralna zrna - monokristali, već su minerali udruženi u kristalne agregate ili kristalne druze.

Amorfni minerali, usled nepravilne unutrašnje građe imaju i nepravilne spoljašnje oblike pa se pojavljuju u vidu bubrežastih ili grozdastih agregata. Ono što je takođe za njih karakteristično je da su izotropni, odnosno da su im fizičke osobine jednake u svim pravcima, što nije slučaj sa kristalima.

Čest je slučaj da se materija istog hemijskog sastava pojavljuje u različitim (kristalnim ili amorfnim) oblicima što nazivamo **polimorfizmom**. Primeri za polimorfizam su pojavljivanje ugljenika u dva potpuno različita minerala (grafit - mekan, crne boje, neprovidan i dijamant - veoma tvrd, providan, izvanredne sjajnosti) ili  $\text{SiO}_2$  materije koja gradi nekoliko kristalnih i amorfnih oblika različitih fizičkih osobina.

**Izomorfizam** je pojava da minerali različitog (ipak sličnog) hemijskog sastava imaju sličnu unutrašnju građu, pa su im tako slični i način pojavljivanja i fizičke osobine. Često ovakvi minerali grade takozvane izomorfne smeše ili izomorfne nizove.

Kristali predstavljaju čvrsta tela pravilnog oblika, sa simetrično raspoređenim osnovnim elementima. Elementi kristala su **pljosni** - ravne površine koje ograničavaju kristal; **ivice** - pravolinijski elementi koji nastaju na dodiru dveju ivica i **rogljevi** - koji se formiraju na dodiru najmanje triju ivica. Oblici pljosni mogu biti trougaoni, kvadratni, pravougaoni, mnogougonaoni i td.

Svaka mineralna vrsta ne kristališe na isti način, odnosno oblici kristala zavise od elemenata simetrije (osa simetrije, ravni simetrije i centra simetrije). U osnovi svake kristalne sisteme su odnosi takozvanih kristalografskih osa. U kristalu moramo da zamislimo najmanje tri kristalografske ose (duži koje spajaju centre dveju naspramnih pljosni ili ivica) koje se seku u centru kristala gradeći osni krst. Osobnosti svake kristalne sisteme se zasnivaju na odnosima dužina kristalografskih osa i uglova koje one među sobom zaklapaju. Na osnovu ovih karakteristika možemo da izdvojimo nekoliko sistema kristalizacije:

**Teseralna** - sve tri kristalografske ose su jednake dužine i sve tri međusobno grade prave uglove. Ovoj sistemi pripadaju mnogi, često veoma

komplikovani oblici. Najkarakterističniji su, međutim, heksaedar (kocka) i oktaedar.

**Tetragonalna** - horizontalne ose (a i b) su jednake dužine, a osa c je duža ili kraća. U osnom krstu sve tri ose grade prave uglove. Tipični oblici za ovu sistemu su tetragonalna prizma ili tetragonalna bipiramida.

**Heksagonalna** - za ovu sistemu karakteristične su tri horizontalne ose jednake dužine, koje među sobom zaklapaju uglove od  $120^{\circ}$ , dok ravan koju one obrazuju stoji pod pravim uglom sa osom c, koja je u ovom slučaju duža ili kraća. Najjednostavniji oblici koji se ovom prilikom pojavljuju su heksagonalna prizma ili heksagonalna bipiramida.

**Romboedarska** - poseban vid heksagonalne, izdvojen kao samostalna sistema. Ovde se, kao posledica razlike u elementima simetrije, pojavljuju nepotpuni heksagonalni oblici. Najkarakterističniji oblik je romboedar.

**Rombična** - sve tri ose su različite dužine, ali međusobno zaklapaju prave uglove.

**Monoklinična** - kristalografske ose su različite dužine. Ose b i c stoje pod pravim uglom, dok osa a (ona koja gleda ka posmatraču) stoji pod kosim uglom u odnosu na ravan koju definišu b i c.

**Triklinična** - sve tri ose su različite dužine i među sobom stoje pod kosim uglovima.

Osim prostih kristalnih oblika, minerali se često pojavljuju u vidu takozvanih kristalnih blizanaca. Blizanci se karakterišu srastanjem ili prorastanjem dveju ili više individua prema tačno određenim zakonitostima. Poseban vid bližnjenja je formiranje polisintetičkih blizanaca, kada se blizne lamele višestruko smenjuju. Neki oblici dodirnog, prodornog ili polisintetičkog bližnjenja su karakteristični za pojedine mineralne vrste i mogu nam pomoći pri njihovoj odredbi.

## FIZIČKE OSOBINE MINERALA

Za bliže definisanje pojedinih mineralnih vrsta, pored karakterističnih kristalnih (ili amorfni) oblika i načina pojavljivanja, neophodno je poznavati i njihove najvažnije fizičke osobine. Neke od fizičkih osobina su

nepromenljive za svaki pojedini mineral, pa će tako predstavljati osnovu za njihovo prepoznavanje.

**Boja** - S obzirom da minerali mogu biti providni, delimično providni ili neprovidni, znači da oni deo svetlosti upijaju, deo apsorbuju, a deo odbijaju. Boja minerala je određena onim delom spektra koji nije apsorbovan. Svaki mineral poseduje svoju izvornu boju koja je posledica njegovog sastava i strukture. Takvu boju nazivamo **idihromatskom**. U prirodi, međutim, čest je slučaj da minerali, usled, makar i minimalnog sadržaja mehaničkih primesa strane materije, bivaju sasvim drukčije obojeni. Ovo je takozvana **alohromatska** boja. Ukoliko su minerali delimično zahvaćeni procesima raspadanja, oni mogu da zadobiju novu - **pseudohromatsku** boju.

**Ogreb** - Iako su minerali različito alohromatski obojeni, njihov ogreb, odnosno boja praha se ne menja. Do boje ogreba možemo da dođemo na jednostavan način: tako što ćemo da spravimo mineral ili da njime zagrebemo po beloj tvrdoj podlozi. Kao podlogu najčešće koristimo neglaziranu porcelansku pločicu ili dno laboratorijske porcelanske posude. Koliko boja ogreba može da bude značajna kod identifikacije minerala može se videti na primerima nekih metaličnih minerala. Hematit, na primer, oksid trovalentnog gvožđa, može alohromatski biti mrk, crven, siv ili crn, ali mu je ogreb uvek karakteristične crvene boje.

**Sjajnost** - Osobina koja zavisi od sposobnosti minerala da u različitom intenzitetu odbijaju svetlost. Značaj ove osobine se ogleda u tome što se karakteristična sjajnost može zapaziti i kod mineralnih zrna sasvim malih dimenzija. Neki od najznačajnijih tipova sjajnosti su:

**Dijamantska** - sjajnost koju imaju providni minerali sa velikim indeksom prelamanja svetlosti.

**Staklasta** - česta kod providnih ili delimično providnih minerala sa srednjim indeksom prelamanja.

**Masna** - javlja se najčešće na nepravilnim prelomima minerala.

**Sedefasta** - sjajnost karakteristična uglavnom za minerale koji se pojavljuju u listastim formama.

**Svilasta** - česta kod vlaknastih minerala.

**Metalična** - najčešća sjajnost kod neprovidnih metaličnih minerala.

**Cepljivost** - Neki minerali imaju osobinu da se pod dejstvom mehaničkog udara dele po određenim ravnima ili po sistemu ravni. Ovakva osobina naziva se cepljivost. Kod pojedinih minerala ona može biti do te mere izražena da mineral možemo da cepamo, teoretski, sve do osnovne kristalne rešetke. Cepljivost može prema intenzitetu da se okarakteriše kao: vrlo savršena, savršena, jasna, izražena i td., do minerala koji praktično nemaju cepljivost. Prema pravcu, cepljivost je paralelna nekim pljosnima u kristalu (kocki, oktaedru, romboedru, prizmi, bazi itd.). Ponekad, dva pravca cepljivosti zaklapaju različite uglove, što može da bude karakteristika pojedinih mineralnih vrsta.

**Tvrđina** - Tvrđina minerala definiše se kao **otpornost minerala prema paranju**. Minerali veće tvrđine mogu da paraju one sa manjom tvrđinom, odnosno, mineral manje tvrđine ostavlja ogreb na mineralu veće tvrđine. Minerali jednake tvrđine se međusobno ne paraju. Za utvrđivanje tvrđine nekog minerala koristimo takozvanu **Mosovu skalu**. U njoj su određeni indeks minerali klasifikovani prema tvrđini i to:

- 1 - **talk**
- 2 - **gips**
- 3 - **kalцит**
- 4 - **fluorit**
- 5 - **apatit**
- 6 - **ortoklas**
- 7 - **kvarc**
- 8 - **topaz**
- 9 - **korund**
- 10 - **dijamant**

Mineral nepoznate tvrđine pokušaćemo da zaparamo mineralima iz ove skale i tako mu odredimo tvrđinu. Ukoliko ne raspolažemo mosovom skalom, tvrđinu možemo približno da odredimo znajući da se minerali tvrđine 1 i 2 paraju noktom, minerali tvrđine 3, 4 i 5, paraju se nožem, minerali tvrđine 6 i 7 paraju staklo, a minerali tvrđine 8, 9 i 10 seku staklo.

**Elastičnost** - Ukoliko delovanjem neke sile izazovemo deformaciju minerala, on po prestanku delovanja sile može da se vrati u prvobitno stanje

ili da ostane deformisan. Sposobnost povratka u prvobitno stanje nazivamo elastičnost. Ova osobina veoma varira kod pojedinih vrsta. Postoje izrazito elastični minerali, kao što su liskuni, kao i oni koji su sasvim neelastični (hlorit ili talk). Za minerale koji se pod dejstvom sile ne deformišu, već lako pucaju, kažemo da su krti (kvarc).

**Gustina** - Gustina minerala zavisi od materije od koje je izgrađen i njegove unutrašnje strukture. Kod petrogenih minerala ona se kreće od 2.5 - 3.5 g/cm<sup>2</sup>. Neki minerali, međutim, (posebno oni metalični) imaju i višestruko veću gustinu. Ova osobina se koristi za izdvajanje minerala iz sprasene stene ili iz prirodnog nanosa.

**Magnetičnost** - Kao i gustina, magnetičnost minerala, može korisno da nam posluži kod njihove separacije. Neke minerale, naime, privlači magnet i za njih kažemo da su **magnetični** ili **paramagnetični**, dok su drugi **dijamagnetični**, odnosno magnet ih ne privlači. Za izdvajanje koristimo elektromagnetni separator - spravu kod koje možemo da menjamo jačinu magnetnog polja.

**Električne osobine** - Pojedini minerali provode elektricitet, dok ga drugi uopšte ne provode. Kod nekih minerala provodljivost se menja u zavisnosti od temperature ili pritiska kojima ih izlažemo. Posebno su interesantne pojave razlike u naponu između delova kristala usled zagrevanja (**pirelektricitet**) ili elektricitet koji je posledica izlaganja pritisku ili trenju (**piezoelektricitet**). U zavisnosti od ovih osobina minerali mogu da nađu i svoju primenu.

**Radioaktivnost** - Radioaktivnost se u mineralima pojavljuje kao posledica sadržaja radioaktivnih elemenata. Poznavajući vreme raspadanja pojedinih radioaktivnih elemenata, možemo da odredimo starost minerala, odnosno stene u kojoj se on nalazi. Stene u kojima se nalazi veća količina radioaktivnih minerala ne bi smele da se upotrebljavaju kao kamen za unutrašnje oblaganje objekata.

## FIZIOLOŠKE OSOBINE MINERALA

Ukus, miris ili opip minerala možemo da podvedemo pod fiziološke osobine i da ih, kao i fizičke osobine, koristimo za identifikaciju pojedinih mineralnih vrsta.

**Ukus** je karakterističan kod lako rastvorljivih minerala. Tako na primer, halit ima slan, a silvin gorko slan ukus.

**Miris** se ponekad oslobađa kad mineral izložimo trenju ili udaru. Minerali arsena realgar i auripigment, pri tom imaju miris belog luka, minerali glina imaju često miris na amonijak, a organske primese u nekim mineralima prouzrokuju miris bitumija.

**Opip** može da bude karakteristično masan kod minerala kao što su talk ili azbest ili hladan ako su u pitanju minerali velike toplotne provodljivosti.

## POSTANAK MINERALA

Prvi minerali na Zemlji nastali su u vreme formiranja prve ohlađene kore. I danas, kao i tokom celokupne geološke istorije, deo minerala se obrazuje u procesu hlađenja magme, odnosno lave. Ovako nastale minerale nazivamo **magmatskim** ili **pirogenim**.

Prilikom hlađenja magmatskog rastopa može doći do aktiviranja lakoisparljivih sastojaka i njihovog intenzivnog kretanja u gasovitom stanju. U ovoj fazi, koju nazivamo pneumatolitskom, nastaju potpuno nove mineralne vrste. Minerale formirane u ovom ciklusu nazivamo **pneumatolitskim** mineralima.

Kada temperatura opadne na nekih 400°C, većina lakoisparljivih sastojaka prelazi u tečno stanje. Voda, kao najznačajniji lakoisparljivi sastojak, cirkuliše kroz već prilično ohlađenu magmatsku masu i okolne stene i pri tom neke sastojke rastvara da bi ih istaložila u pukotinama stena. Ove zagrejane rastvore nazivamo hidrotermalnim, pa ćemo i minerale nastale u ovom stadijumu nazvati **hidrotermalnim** mineralima. Značaj ovih procesa naročito je veliki za formiranje velikog broja sulfida nekih metala, često važnih rudnih minerala.

Na površini Zemlje, bilo na kopnu, bilo u vodenim sredinama znatan broj minerala može da bude izlučen iz hladnih (jonskih ili koloidnih) rastvora. Temperatura ovih rastvora je ispod 50°C, a pritisci su bliski ili jednaki atmosferskom. Minerali su po svom sastavu najčešće karbonati, sulfati, oksidi i sl., a nazivamo ih **hidatogenim** mineralima.



Neki živi organizmi grade svoje ljuštore ili skelete od mineralne materije i tako utiču na obrazovanje **biogenih** minerala.

Ukoliko minerali formirani u različitim stadijumima dospeju (usled tektonskih pokreta i sl.) u uslove povišenih pritisaka i temperatura, može se dogoditi da prekrystališu u nove minerale stabilne u novim uslovima. Tako će nastati **metamorfni** minerali. Pri tome uslovi metamorfizma mogu da budu različiti. Ako minerali nastaju samo pod uticajem povišenih pritisaka i temperatura izazvanih različitim geotektonskim pokretima onda su to **regionalnometamorfni** minerali, a ako se preobražaj prvobitnih minerala događa pod uticajem magme (na njenom kontaktu sa okolnim stenama), onda su **kontaktnometamorfni**.