**UNIVERZITET CRNE GORE**

**FILOZOFSKI FAKULTET NIKSIC**

**Studijski program geografija**

**Predmet: Istorijska geologija**

**ISTORIJSKA GEOLOGIJA**

**Predmet i zadaci izučavanja**

 **Istorijska geologija** je odjeljak geologije koji proučava razvoj Zemljine kore i sve promjene koje su se na njoj dešavale od momenta njenog obrazovanja, a naročito od pojave *prvih organizama* do danas.

 Istorijska geologija ima zadatak da sve promjene koje su se dešavale na Zemlji hronološki sredi i po mogućnosti prouči uzroke i sile koje su ih izazvale. Zato se ona koristi svim iskustvima koje pruža *opšta geologija.*

 U prvom redu, istorijska geologija koristi znanja **paleontologije –** nauke o fosilima. Pored toga, istorijska geologija koristi znanja **paleogeografije –** koja izučava promjene u rasporedu kopna i mora u geološkoj prošlosti. Takođe, istorijska geologija se naslanja na **paleoklimatologiju,** koja prati klimatska kolebanja u geološkoj prošlosti, jer u zavisnosti od klimatskih prilika egzistiraju određene biljne i životinjske vrste.

 Istorijska geologija se naziva i **stratigrafska geologija** (stratus-sloj, graphein-pisati), mada joj taj naziv u potpunosti ne odgovara, jer stratigrafija predstavlja samo jednu granu istorijske geologije.

 Istorijska geologija određuje **relativnu starost** jednog sloja ili grupe slojeva i jedne faune ili flore. Osim toga, jedan od zadataka istorijske geologije je da izvrši rekonstrukciju *fizičkog stanja Zemlje* u svakoj periodi njenog razvitka posebno.

 Da bi mogla riješiti postavljene zadatke, istorijska geologija se služi različitim metodama.

**Određivanje starosti stijena**

*Litološka metoda* (sastav i izgled stijena)

 Starost stijena po litološkoj metodi, određuje se prema spoljašnjem izgledu i sastavu. Tako je neka sedimentna stijena određena kao *starija* ukoliko je bila kompaktnija, čvršća, jače metamorfisana i tamnije boje, dok su *mlađe* stijene bile rastresitije, mekše, nemetamorfisane ili slabo metamorfisane, svjetlije boje.

 Kasnije se pokazalo da je ova metoda veoma nepouzdana, čak i pogrešna. Pokazalo se da mnogi geološki faktori, naročito snažno nabiranje, mogu znatno da izmijene stijene, zbog čega stijene mnogo manje geološke starosti mogu izgledati starije. Pokazalo se da stijene iz različitog vremena postanka mogu po izgledu i sastavu biti dosta slične, što zavisi od uslova pod kojima su one stvarane i od promjena kojima su naknadno bile izložene.

*Metoda superpozicije* (reda slojeva)

 Ova metoda bazira na sledećem:

 1. U normalnim prilikama, taloženje materijala se vrši tako da je svaki donji sloj *stariji* od sloja koji ga pokriva, a *mlađi* od onog koji leži ispod njega.

 2. Sloj u kome se nalaze odlomci nekih stijena nastao je kasnije od stijena čije odlomke sadrži.

 3. Slojevi su primarno nataloženi *horizontalno* paralelno površinama na kojima se obavlja sedimentacija.

 4. Slojevi se u principu prostiru *neprekidno* preko cijelog sedimentacionog prostora, a završavaju se na periferiji isklinjavanja.

 Metoda superpozicije je pouzdana jedino kada se slojevi nalaze u svom prvobitnom položaju ili su samo djelimično rasjednuti. U slučajevima gdje su sedimenti pretrpjeli velike tektonske poremećaje, usled čega su oni različito ispreturani, vrlo često stariji slojevi leže preko mlađih, tako da upotreba ove metode može dovesti do sasvim pogrešnog zaključka. Ona se može upotrijebiti samo za onu seriju slojeva koja se neposredno posmatra, ne može se upotrijebiti za upoređivanje slojeva sa dva različita mjesta, naročito ako su udaljena i nepovezana među sobom. U svakom slučaju, upotreba ove metode je lokalna i ograničena.

*Radiometrijska metoda*

 Određivanje starosti radiometrijskom metodom počelo je 1896. godine sa otkrićem prirodne radioaktivnosti. Radioaktivnost daje mogućnost neposrednog mjerenja stvarne starosti stijena.

 Kao što je rečeno u uvodnom predavanju, polovina Zemljine toplote nastaje kao posledica hemijskog raspadanja radioaktivnih elemenata. Hemijski elementi koji su po određenom stepenu radioaktivni, ulaze u veliki broj minerala. Takvi su: *uran, torijum, rubidijum, stroncijum, ugljenik.*

 Za svaki radioaktivni elemenat **brzina raspadanja – faktor raspadanja** (1/k) je stalna i može biti izmjerena sa dovoljnom tačnošću. Na tom principu je zasnovan način određivanja nekih magmatskih stijena, što se svodi na sledeće:

 U svakom mineralu koji ulazi u sastav magmatskih stijena, radioaktivno raspadanje počinje onog momenta kada je mineral iskristalisao iz magme. To je **polazna količina** tog elementa u mineralu, koja nam je poznata iz uslova kristalizacije minerala iz magme (npr. prilikom kristalizacije minerala *uranita* iz magme, zna se kolika je polazna količina hemijskog elementa *urana* u mineralu *uranitu*). Druga veličina je **faktor intenziteta raspadanja** ili **brzina raspadanja** (**1/k**) radioaktivnog hemijskog elementa. Ona je takođe konstanta za određeni radioaktivni hemijski elemenat, te je na taj način poznata.

 Treća veličina – **količina** radioaktivnog hemijskog elementa u mineralu u određenom vremenu (kada određujemo starost), može biti izmjerena.

 Ukoliko su sve tri veličine poznate, moguće je izračunati vrijeme od momenta kristalizacije minerala iz magme, odnosno starost magmatskih stijena u čiji sastav ulazi taj mineral, sa tačnošću do 5%.

 Određivanje starosti vrši se po formuli:

$$t= \frac{1}{k}∙\frac{L}{V}$$

gdje su:

**t** – starost u milionima godina

$\frac{1}{k}$ – faktor intenziteta raspadanja (koji kod urana iznosi 7,5 x 109 godina)

**V –** količina urana (prvobitna količina prije raspadanja u mineralu uranitu)

**L** – količina uranskog olova (koju mjerimo)

 Za uran se zna da faktor intenziteta raspadanja iznosi 7,5 x 109 godina, pa je mjerenjem uranskog olova u mineralu uranitu utvrđena starost od 1.850.000.000 godina.

 Na osnovu ovakvih podataka, određena je starost, odnosno trajanje pojedinih geoloških perioda.

 Kada su u pitanju metamorfne stijene, onda se starost minerala određuje, od momenta kristalizacije novih minerala, odnosno od početka metamorfizma.

 Kod sedimentnih stijena, radioaktivnih minerala nema, osim ako nijesu pretaloženi. Pošto oni nijesu primarni, jer je njihovo raspadanje počelo mnogo ranije, sve što možemo reći, to je da je sedimentna stijena mlađa od pretaloženog minerala.

*Metoda radioaktivnog ugljenika*

 Ova metoda se zasniva na određivanju apsolutne starosti na osnovu prisustva radioaktivnog ugljenika C14 u ostacima organizama. Zbog relativno kratkog perioda poluraspada, ova metoda se koristi samo posljednjih 70.000 godina. Utvrdili se tokom spektrohemijske analize odnosa C14 : C12, da je količina C14 za polovinu manja od količine u živom stablu tog uzrasta, a pošto nam je poznato vrijeme poluraspada ugljenika, znači da je uzorak star 5.750 godina. U slučaju pada količine C14 na 1/4 one koja se nalazila u živom stablu, uzorak je star 11.400 godina.

*Paleoklimatske metode*

 Promjene klime u Zemljinoj istoriji su imale odraza na karakteristike sedimenata ili fosilne zajednice. Iz tih razloga, klima i sve druge fizičko-geografske prilike koriste se kao osnova za stratigrafsko raščlanjavanje i korelaciju.

 **Astronomska metoda** je najpoznatija i najviše korišćena. *Milutin Milanković (1930)* je objasnio uzroke promjene količine sunčeve energije, koja stiže na Zemljinu površinu izazivajući oscilacije temperature, a time i klimatskih promjena. On je proučavao promjenljive elemente astronomskih elemenata putanje Zemlje:

1. *nagib Zemljine obrtne ose prema ravni ekliptike;*
2. *ekscentricitet Zemljine putanje pri kretanju oko Sunca;*
3. *promjene datuma perihela (tačke minimalnog rastojanja Zemlja – Sunce).*

 Odstupanje *nagiba Zemljine obrtne ose* prema ravni ekliptike od pravog ugla mijenja se u vremenskim ciklusima od 40.000 godina. Time je uslovljena dužina osunčavanja koja je različita za različite geografske širine. Da je osa postavljena pod pravim uglom, onda bi dužina noći i dana bila svuda ista i sva mjesta na Zemlji bi imala istu klimu i ne bi bilo godišnjih doba.

 *Ekscentricitet* Zemljine putanje je promjenljiva veličina za koju je utvrđeno da za vrijeme od 92.000 godina oblik putanje promijeni izgled od onog koji je približno *krug* do onog koji je *eliptičan*. Pri tome je količina energije koju Zemlja prima različita. To uslovljava pomjeranje datuma prolaska Zemlje kroz perihel. Pomjeranje datuma za 365 dana, tj. do toga da on bude ponovo 21. decembra, odvija se u intervalu od 21.000 godina.

 Na osnovu tih proračuna Milanković je konstruisao poznatu *K r i v u*

*o s u n č a v a nj a* kojom je pokazao kolebanje Sunčeve toplote koju su neke tačke na Zemlji primile za posljednjih 650.000 godina.

 Zemlja od Sunca dobija najviše toplote kad je najveći nagib Zemljine ose, najmanji ekscentricitet i najveća veličina perihela, a najmanju kad su ovi elementi suprotni.

 Teorija kolebanja klime M. Milankovića, upotrijebili su glaciolozi za objašnjenje ledenih doba. Minimum insolacije poklapa se sa maksimalnim širenjem leda.

*Paleontološka metoda*

 Najpoznatiju metodu za određivanje relativne starosti slojeva pružaju čvrsti ostaci nekadašnjih organizama, kao što su skeleti: morskih ježeva, korala, ljušture puževa, školjaka, cefalopoda, brahiopoda, kosih kičmenjaka, koji se mogu konzervisanjem na različite načine, dugo očuvati. Ostaci organizama sačuvani u slojevima nazivaju se *fosili.*

 Rekonstrukcijom organskog cvijeta, koji je u svom razvoju evoluirao od najprimitivnijih do najsavršenijih oblika, utvrđeno je da se svaka geološka perioda karakteriše faunom i florom koja se razlikuje od faune i flore naredne i prethodne periode. To što važi za floru i faunu, važi i za njihove manje grupe, klase, redove, familije, pa i vrste. Utvrđeno je da nijedna životinjska ni biljna vrsta nema neograničeno trajanje. Ona se javlja u određenom vremenu, živi neko vrijeme i najzad iščezava. Tako, svaka perioda ima svoju faunu i floru. Prema tome, slojevi koji su stvoreni u različitim vremenima, sadržavaće razne fosile, a slojevi koji su stvarani jednovremeno u istoj sredini, imaće uvijek izvjestan broj zajedničkih fosila. Međutim, svi fosili nemaju isti značaj. Vrste koje duže traju imaju vertikalno rasprostranjenje u sedimentima i teško služe za odredbu starosti slojeva. Biljne i životinjske vrste kratkog vijeka daju najbolje podatke za određivanje starosti slojeva, zbog čega se nazivaju **karakterističnim fosilima.**

 Danas paleontološke metode imaju primarnu ulogu kod geoloških istraživanja. Među životinjama, na osnovu skeleta, izdvajaju se grupe *beskičmenjaci i kičmenjaci*. Naročito su dobro očuvani oni organizmi koji su imali jak i otporan skelet (karbonatni, silicijski).

 Među beskičmenjacima brojni su predstavnici jednoćelijskih organizama (*Protozoe)*, sunđeri (*Spongie*), crva (*Annelida*), zglavkara (*Anthropoda*), mekušaca (*Mollusca*), bodljokožaca (*Echinodermata*) i sl.

 U kolu kičmenjaka najznačanije su klase *Agnothie* (prvi kičmenjak), *Pisces* (ribe), *Amphibie* (vodozemci), *Reptilia* (gmizavci), *Aves* (ptice), *Mamalia* (sisari). Ostaci fosilnih biljaka takođe su veoma značajni.

 Prilikom paleontoloških istraživanja uočeno je da nema nekog zakonomjernog rasporeda ostataka fosilnih organizama u stijenama. Negdje su oni veoma gusto nagomilani (*lumakele* – krečnjak, pužarac, pisaća kreda, koralski krečnjak...), a ponegdje ih uopšte nema.

 Među fosilima posebno je značajna *ortofalna* za koju je karakteristična brza evolucija, veliko geografsko rasprostranjenje, nezavisnost od facija i karakteristike vrste. U orto faunu spadaju: *amoniti, graptoliti, trilobiti, radiolarije, konodonte...*

**Facije i njihov značaj**

 U stratigrafskom smislu facija se definiše na sledeći način: *facija je sedimentna stijena koja na čitavom svom rasprostranjenju ima isti litološki sastav i sadrži istovjetne zajednice fosilnih ostataka.*

 Nasuprot stratigrafskom shvatanju pojma *facije*, postoji i *genetsko* shvatanje. Po tom shvatanju, facija se definiše kao *proizvod određenih fizičko-geografskih prilika koje definišu "sedimentacione prilike" koje su materijalizovane u sedimentu ili stijeni.* Ovakva formulacija ukazuje na uzročno-posledičnu vezu i jedinstvo između sredine (njenih fizičko-geografskih osobina) i proizvoda koji ta sredina stvara (stijene, facije). Jedna grupa sedimenata i jedan sloj može na većem prostranstvu imati *isti* petrografski sastav i sadržavati manje-više iste elemente flore i faune. Takvi sedimenti su stvarani pod istim uslovima i mi kažemo da su razvijeni u *istoj faciji*.

 Međutim, jedna grupa slojeva ili jedan sloj, u izvjesnim svojim djelovima u horizontalnom pravcu, a isto i u vertikalnom pravcu, može se razlikovati, ne samo u petrografskom sastavu, već i u pogledu faune i flore. To dolazi otuda, što u različitim uslovima, u raznim sredinama, na različitim mjestima u *istom vremenu,* mogu da se razviju različiti organizmi i natalože različiti sedimenti. Takav tip sedimenata razvijen je u *različitoj faciji*.

 Prema tome, sve sedimente dijelimo na *izopske* stvarane i isto vrijeme i u istoj faciji i na *heteropske*, stvarane u isto vrijeme a u različitim facijama.

 Sve facije, obzirom na *sredinu stvaranja* sedimenata mogu se izdvojiti u dvije velike grupe:

 1. **Kontinentalne facije,** u koje spadaju svi talozi stvarani na kopnu putem mehaničkog ili hemijskog taloženja. Tu spadaju:

* *rečne (fluvijalne);*
* *jezerske (limničke ili lakustrijske);*
* *eolske (nastale radom vjetra);*
* *glečerske (nastale radom glečera).*

 2. **Marinske facije**, gdje su obuhvaćeni svi sedimenti stvoreni u morskoj sredini, koji obzirom na dubinu, odnosno udaljenost od obale mogu biti:

* *obalni (litoralni);*
* *neritski;*
* *batijalni;*
* *abisalni.*

 **Neritska oblast** se prostire do dubine 200 m i smatra se da se do te dubine produžava kontinent, pa se ta dubina naziva dubinom do koje je prisutan *kontinentalni prag*.

 Glavne osobenosti ove oblasti su:

* jaki pokreti morske vode,
* promjenljiva temperatura,
* lako prodiranje svjetlosti.

 U ovoj sredini žive: školjke, puževi, ježevi, a u tropskim oblastima čitave kolonije korala i briozoa, a od marinske flore naročito alge.

 **Batijalna oblast** se prostire od 200-1.000 m dubine. Glavne karakteristike ove oblasti su:

* stalnost temperature (oko 4°C),
* površinski pokreti morske vode prodiru samo za vrijeme velikih bura,
* morske struje se osjećaju po cijeloj dubini,
* svjetlost prodire samo kroz površinske slojeve, dok u dublje zone uopšte ne dopire.

 Ovu oblast pretežno naseljavaju: ribe, cefalopodi (glavonošci) i rakovi.

 **Abisalna oblast**, obuhvata sve morske i okeanske prostore dubine preko 1.000 m. Glavne karakteristike ove oblasti su:

* pretežno mirna voda,
* stalnost temperature (oko 0°C),
* potpuni mrak.

 Kao posebna oblast izdvaja se **pelaška oblast**. Ona obuhvata gornje djelove vodenih masa velikih okeanskih prostora u kojima živi posebna fauna bez ikakve veze sa okeanskim dnom. Pelašku faunu čine *planktonski i nektonski organizmi*.

**Biogeografske provincije**

 Biogeografske provincije su određene životnim uslovima koji ograničavaju rasprostranjenje biljnog i životinjskog svijeta. Jedni organizmi su vezani za kopnene oblasti i nazivaju se *kopneni organizmi*. Drugi su vezani za morske i okeanske basene – morski organizmi.

 Neki organizmi na kopnu su prilagođeni na život po suvoj zemlji, drugi u slatkim vodama – rijekama i jezerima. Morski organizmi žive u slanim vodama. Poseban tip predstavlja *bočatna fauna* koja živi u oslađenim djelovima mora.

 Za uspijevanje i rasprostranjenje *biljaka* najglavniji uslovi su: priroda zemljišta na kojem uspijevaju, zatim klimatske prilike – vlaga, temperatura, svjetlost. Zato ostaci biljaka mogu da posluže kao materijal za rekonstrukciju klimatskih prilika u pojedinim geološkim razdobljima.

 Za razviće i rasprostranjenost *marinskih biljaka*, od posebnog su značaja fizičke pogodnosti morske vode: pritisak, temperatura, salinitet, priroda i pravac morskih struja, svjetlost, priroda morskog dna, potrebna hrana, itd.

 Među marinskim organizmima razlikujemo:

 1. **Bentonsku grupu** ili **bentos**. To su one životinje koje cio svoj život provedu na morskom dnu, i to ako su pričvršćene za dno pripadaju *sesilnom bentosu*, a ako se kreću po dnu pripadaju *vagilnom bentusu*.

 2. **Nektonsku grupu** ili **nekton** čine oni organizmi koji se slobodno kreću po svojoj volji.

 3. **Planktonsku grupu** ili **plankton**, čine one životinje koje se kreću pasivno, pod uticajem morske vode, naročito morskih struja.

 Mnoge sesilne životinje grade kolonije, takvi su *korali*. U grupu planktona spadaju *protozoe* i druge sitne životinje (sa njima idu i morske alge).

 Kod životinja koje žive u moru razlikujemo grupu *stenohalinskih organizama* jer im je potrebna morska voda sa stalnim procentom saliniteta.

 Grupu *evrihalinskih životinja* čine one koje mogu pretrpjeti velike promjene u pogledu zaslanjenosti morske vode.

 Grupu *bočetnih životinja* čine one koje žive u slabo zaslanjenoj vodi.

 U pogledu *temperature*, morske životinje se dijele na *evritermne,* koje podnose znatne promjene temperature i *stenotermne* koje se održavaju u vodi sa nepromijenjenom temperaturom.

**Geološki ciklusi**

 Mnogobrojne geološke pojave koje su se dešavale u toku istorije razvitka Zemlje, mogu se posmatrati i danas, jer se te promjene dešavaju manje-više ciklično po relativno ustaljenom redu.

 U svakom *ciklusu* razlikujemo tri faze:

 1. Faza ***sedimentacije – litogeneze***. U ovoj fazi, evolucija Zemljine kore je pretežno mirna. Spuštanjem velikih djelova kopna – *geosinklinala,* dolazi do taloženja debelih sedimentnih slojeva.

 2. Faza ***orogeneze.*** Ona obuhvata period snažnih orogenetskih pokreta koji dovode do formiranja visokih planinskih vijenaca. Ova faza praćena je nabiranjem i rasijedanjem i značajnim seizmičkim pokretima.

 3. Treća faza je faza ***gliptogeneze***. Ona obuhvata period erozije, denudacije i razaranja izdignutih djelova kopna uticajem, pretežno egzogenih činioca, i transportovanjem materijala u morske i okeanske depresije (ulegnuća).

 Zahvaljujući potpunom geološkom ciklusu, kopno se, sa jedne strane, permanentno razara, a sa druge ponovo obrazuje.