

U V O D

Geologija predstavlja kompleks nauka, koje se bave sastavom, strukturom i istorijom razvoja Zemljine kore. Što se više geološke i ostale nauke razvijaju, sve su jače i čvršće veze između njih, i sve je teže odrediti granice između njih.

Ovo je logično, jer porast saznanja o pojavama u prirodi dovodi i do porasta saznanja o vezama koje između tih pojava postoje. Zbog toga je teško, pa i nemoguće, oštro i jasno izdvojiti tektonske nauke iz kompleksa ostalih geoloških nauka.

Ako, međutim sagledamo tri osnovne komponente našeg gledanja na Zemljinu koru (sastav; uzajamna prostorna veza i odnos jediničnih područja; istorija razvoja i postanka) i pojedinačne kategorije pojava na njoj, tektonske nauke se izdvajaju po tome što proučavaju prostorni položaj i prostorne odnose masa u Zemljinoj kori.

Ovi položaji i odnosi su posledica stvaranja određenih pojava sa određenim oblikom i položajem, i naknadnog preoblikovanja ovih pojava; u jednom sedimentnom basenu, na primer, sedimenti su taloženi horizontalno, pa su kasnije poremećeni nabiranjem i rasedanjem i zadobili nove prostorne odnose i oblike; jedan granitski masiv je pri svom hlađenju i konsolidaciji zadobio određenu strukturu, koja je kasnijim procesima nogla biti preoblikovana. Na taj način **tektoniku možemo definisati kao nauku o prostornom oblikovanju Zemljiine kore.**

U okviru tektonike se obično izdvajaju dve discipline, koje se razlikuju po razmerama svojih ispitivanja, vezi sa ostalim naukama i sredstvima istraživanja. To su geotektonika i strukturna geologija.

Geotektonika se pretežno bavi oblikovanjem Zemljine kore i njenih krupnih jedinica (platformi, geosinklinalnih oblasti itd.), povezana je usko sa naukama o facijama, vulkanizmu, plutonizmu i metamorfizmu, kao i sa stratigrafijom (ispitivanjem redosleda stvaranja geoloških tvorevina) i sedimentologijom, a za svoje zaključke traži podatke od strukturne geologije kao i svih ovih nauka. Ona zadire u procese, koji se odigavaju u Zemljinoj kori kao celini i koji su nam poznati u samo malom stepenu; zbog toga, ona nužno ima u visokom stepenu spekulativan karakter, iako se sve više teži pokušajima objektivnijeg i racionalnijeg prilaženja geotektonskim pojavama.

Strukturna geologija ispituje pretežno strukturne oblike kao rezultate deformacija stenskih masa, povezana je najviše sa strukturologijom (naukom o sklopu, koja izučava sklop tvorevina uopšte) i mehanikom, tako da teži statusu mehanike Zemljine kore. U svojim istraživanjima, strukturna geologija koristi merenja, egzaktna ispitivanja a delom i eksperimente, pa se sve više približava egzaktnim naukama.

U svom istorijskom razvoju i u različitim zemljama, geotektonika i strukturna geologija su dobijale različita značenja i različite uzajamne odnose. Često se strukturna geologija smatra delom geotektonike, i to onim koji se bavi direktnim opisom,

klasifikacijom i ispitivanjem strukturnih oblika; drugde su tektonika i strukturna geologija sinonimi, ili su oba ova naziva sinonimi čak i sa geotektonikom. Bez obzira na razlike u shvatanjima, svaka od ovih nauka ima svoje približne granice i predmet izučavanja. Ovde je strukturna geologija obuhvaćena kao **nauka o morfologiji, klasifikaciji, kinematici i metodici ispitivanja oblika, koji nastaju deformacijama, stenskih masa**. Ona, zajedno sa nizom drugih geoloških disciplina i nauka, daje materijal geotektonici, kao obuhvatnijem načinu posmatranja koji ne tretira samo pitanja deformacija stenskih masa.

Ovako shvaćena strukturna geologija ima veoma široku primenu u skoro svim granama geološke delatnosti. U regionalnim geološkim ispitivanjima ona rešava jedan od tri osnovna aspekta posmatranja (sastav, struktura, istorija) i daje podatke o uzajamnim odnosima stenskih masa (kartiranih jedinica) i kretanjima koja su do ovih odnosa dovela. Zbog toga istraživač regionalne geološke krađe, dakle kartirajući geolog, mora biti (bez obzira na svoju orijentaciju) odličan poznavalac ove nauke.

U inženjerskoj geologiji osnovni problem predstavlja ponašanje stenskih masa na kojima se i u kojima se gradi; ovo ponašanje u veoma velikom stepenu zavisi od deformacija koje su stene pretrpele. Zbog toga u ovoj disciplini strukturna geologija predstavlja nužan korak od geologije prema mehanici stenskih masa, koja stene ispituje egzaktnije, ali (zbog svog matematičkog tretmana) u uprošćenim aproksimacijama. U geologiji ležišta mineralnih sirovina tektonski procesi često dovode do stvaranja preduslova za nastanak mineralnih sirovina (rudne žice!), a gotovo uvek do deformacija već stvorenih ležišta.

U svom praktičnom radu, rudnički geolog mora veliki deo svojih problema pri istraživanju ležišta da rešava metodama strukturne geologije. Poseban značaj, a delom i specifične metode ispitivanja ima strukturna geologija kod ležišta nafte.

U ovom pogledu se u našoj zemlji razlikuju dva područja - panonski basen i spoljni Dinaridi. U Panonskom basenu antiklinalne strukture služe kao zamke za naftu u toku njenih migracija; zbog toga se traženje novih ležišta nafte i gasa u ovakvim oblastima započinje traženjem struktura pogodnih za lokaciju ležišta (antiklinalne, dome). Dinaridi predstavljaju, sa svoje strane, vanredno složenu oblast sa jako komplikovanim tektonskim odnosima, u kojima je upoznavanje strukturnih oblika od prvorazrednog značaja pri istraživanju nafte.

Sve ovo čini da je solidna osnova iz strukturne geologije jedan od nužnih uslova za rad geologa - naftaša.

Ovaj priručnik je načinjen sa težnjom da uz opšte osnove strukturologije pruži osnovna faktička i metodska znanja za strukturna ispitivanja u sedimentima, magmatitima i metamorfitima. Za dalje upoznavanje sa problematikom strukturne geologije priložen je spisak najvažnije literature, koja sa svoje strane može poslužiti kao

putovođa za dalje.

- 3 -

PRIKUPLJANJE PODATAKA

U najopštijem smislu mogu se izdvojiti 3 osnovna tipa strukturnih istraživanja:

a) Observaciona – obuhvataju proučavanje strukturno - geološkog fenomena, ili deformacija u stenama u njihovom prirodnom okruženju.

b) Eksperimentalna – pokušaj da se prirodno okruženje, u kome nastaju deformacije u stenama reprodukuje u lab. Uslovima.

c) Teorijska -primena različitih zakona mehanike i termodinamike kroz analitičko-numeričke metode za dobijanje matematički utemeljenih strukturnog modela.

Upoznavanje tako složenih strukturnih odnosa kakvi karakterišu našu teritoriju, zahteva prikupljanje, analizu i interpretaciju mnogobrojnih podataka; zaključivanje na osnovu malog broja nesistematski prikupljenih podataka nužno vodi neuspehu i pogrešnim zaključcima.

Podaci o strukturi prikupljaju se:

a) neposrednim terenskim osmatranjem,

b) analizom avionskih snimaka i topografskih karata i

c) dubinskim bušenjem.

Kad god je to moguće koristi se **neposredno terensko osmatranje**. Prelazeći teren na najpogodniji način geolog prikuplja merenja i opservacije, beležeći pri tome karakteristike svih formnih elemenata i zapažajući sva fakta koja mogu doprineti razjašnjenju strukturnih odnosa područja. Ovo se najčešće vrši u toku geološkog kartiranja, a ređe i pri naknadnim specijalnim radovima koji treba da posebno osvetle neka pitanja strukture.

Analiza avionskih snimaka daje veoma mnogo strukturnih podataka ukoliko su snimljeni tereni dobro otkriveni, bez tla, rudine, vegetacije i poterivača izgrađenog od raspadnutog materijala (regolita). Takvi su naši kraški tereni, aridne oblasti severne Afrike i juga Severne Amerike, itd. Često se na snimcima mogu zapaziti strukture koje se terenskim radom ne mogu otkriti, zbog nepogodnog reljefa (karst), nepreglednosti terena, njegove teške pristupačnosti ili drugih uzroka. Uprošćene fotogrametrijske, metode, koje se upotrebljavaju pri fotogeološkim proučavanjima (upoznavanju geologije na osnovu ispitivanja avionskih snimaka) omogućuju merenje elemenata pada na snimcima, što proširuje značaj ispitivanja aerosnimaka pri strukturnim izučavanjima. Dobre topografske karte, kakva je naša nova karta razmere 1:25.000, u mnogim slučajevima pružaju podatke o strukturi terena, naročito kada se radi o mladim rasedima.

Pri izučavanju ležišta nafte direktna osmatranja i merenja su najčešće nemoguća, pošto su produktivni tereni pokriveni debelim naslagama kvartarnih sedimenata. Osnovni izvor informacija predstavljaju u ovom slučaju **duboke bušotine**. Početna kota i koordinate svake bušotine određuju se geodetskim merenjima, a nadmorska visina svakog sloja u bušotini saznaje se odbijanjem dubine do tog sloja od kote početka bušotine. Za određivanje tačnog položaja (apsolutne visine i planimetrijskog položaja) tačke u kojoj bušotina seče određeni sloj, potrebno je poznavanje prostornog izgleda bušotine. Vertikalne bušotine retko ostaju takve, nego trpe zakrivljenja naročito ako su

duboke.

- 4 -

Zbog toga se kod duboke bušotine mora snimiti njena osa, za šta postoje posebni instrumenti.

Merenje elemenata pada i upoznavanje metričkih osobina strukturnih oblika predstavlja prvi korak u prikupljanju podataka. Sva osmatranja se po mogućnosti dokumentuju tekstualnim opisima, skicama i fotografijama. Analiza prikupljenih podataka treba da obuhvati njihovu klasifikaciju i nalaženje zajedničkih osobina; dalje se ovi podaci međusobno povezuju i sintetizuju u prostorno i vremenski povezanu sliku stvaranja sklopa područja.

Kriterijumi strukturne interpretacije (slajd 8. predavanje 1.).

Prikupljanje podataka i područja posmatranja

Predavanje br. 1

Kvalitetna strukturna istraživanja iziskuju sasvim jasno odvajanje observacije od interpretacije!

kriterijumi strukturne interpretacije:

- u vreme deponovanja (kod sedimenata) slojevi imaju horizontalan položaj što implicira da je slojevitost interna referentna ravan,
- hronostratigrafske geološke jedinice (strata) ili slojevi s. s., vremenski prate jedna drugu (mlađe jedinice se preko starijih)
- prostorno odvojeni, ali poređani u nizu izdanci iste litološke sekvence nagoveštavaju stratigrafski kontinuitet,
- oštar kontakt u litološki kontinuiranoj sredini (lithologic pattern) je rased ili diskordancija (unconformities) ili intruzivan kontakt,
- prostor zahvaćen deformacijom, može se izdeliti na manje celine sa konzistentnim strukturnim karakteristikama - relativno homogeno područje ili structural domain (npr. u području sa dispergovanim elementima pada mogu se izdvojiti prostori gde je pad monoklin),
- po pravilu je tačna ona interpretacija koja je najjednostavnija, ali konzistentna.

Područja posmatranja

Pri razlicitim ispitivanjima interesuju nas područja različite veličine. Najčešće se podaci prikupljaju u svim veličinskim područjima, analiziraju i povezuju u celokupnu sliku.

Razlikujemo sledeća veličinska područja: (Prema B.Sanders)

- „**Područje preparata**“ ili „mm-područje“ ima veličinu nekoliko milimetara ili desetina milimetara, i ispituje se pod mikroskopom.

- „**Područje primerka**“ ima veličinu nekoliko santimetara ili desimetara (cm-područje i dm-područje). Upoznajemo ga ispitivanjem primerka golim okom ili lupom.

- „**Područje izdanka**“ ima veličinu nekoliko metara ili dekanetara (metarsko odnosno m-područje dekametarsko odnosno Dm-područje). Upoznajemo ga ispitivanjem izdanka.

-„**Područje profila, odnosno karte**“ ima veličinu nekoliko stotina metara (hektometarsko odnosno hm-područje) ili nekoliko kilometara (kilometarsko ili km-područje).

- 5 -

Ovi nazivi se koriste pri obeležavanju razmera strukturnih oblika i sklopova (na pr. kad kaženo „ose dm-nabora“, radi se o naborima čiji raspon ima veličinu nekoliko desetaka metara).

U literaturi se nailazi i na nazive **mikro-**, **mezo-** i **makro-strukture**. Pod „**mikro-strukturama**“ se najčešće podrazumevaju strukture područja manjeg od dekametarsko, „**mezo-strukture**“ su dekametarske do hektometarske, a „**makro-strukture**“ imaju razmere više kilometara, desetaka pa i stotina kilometara.

Ove nazive ne treba upotrebljavati, jer su **nedovoljno precizni** (na pr. „mikro nabori“ po nazivu sugerišu oblike koji se zapažaju samo mikroskopom, dok kod nekih autora mogu biti i metarski).

Turner R.Weiss:

1. mikroskopsko područje,
2. mezoskopsko područje,
3. makroskopsko područje.

PRIKAZIVANJE STRUKTURNIH PODATAKA

Struktura većih područja može se prikazati na različite načine, od kojih su najvažniji karta, profil, blok - dijagram i strukturna karta.

Geološka karta: predstavlja prikaz geološke krađe terena na podlozi koju čini topografska karta. Ako je na geološkoj karti posebna pažnja posvećena strukturnim elementima, dok su druge geološki važne pojave prikazane u uprošćenom obliku, ona se tada naziva **strukturno-geološka, ili tektonska karta** (poslednji naziv se više upotrebljava za karte manjih razmera, koje prikazuju velika područja i sadrže pretežno strukturne oznake).

Geološki profil (za prikaz) je vertikalni presek kroz teren, na kojem je prikazana njegova geološka građa. Kada je upravni na pružanje, zove se poprečni ili normalni profil, kada je paralelan sa pružanjem zove se **uzdužni** ili **longitudinalni profil**, a kada se pružanjem zaklapa neki proizvoljni ugao naziva se **dijagonalni profil**. Kod nabora čija osa to ne pravi „normalni profil“ nije vertikalni, nego upravni na osu nabora.

Blok dijagrami su dvodimenzionalne slike trodimenzionalnog izgleda terena, i u najjednostavnijem obliku sastoje se od plana i dva profila. U nafti se najviše koriste **komoni** (saćasti) blok dijagrami, jer se najlakše konstruišu iz podataka mreže bušotina.

O strukturnoj karti su potrebna detaljnija objašnjenja.

Strukturna karta

Ovaj tip karata se kao osnovni koristi u naftnim poljima koja nisu u previše komplikovanim strukturnim uslovima. Na njima je struktura prikazana pomoću oblika jedne slojne površine.

Ova površina se naziva **ključni horizont** i bira se tako **da ima sledeće osobine:**

-Treba da je poznat njen položaj na što većem broju tačaka (površinskim osmatranjem, dubinskim bušenjem, geofizičkim merenjima).

-Treba da po svom stilu deformacija (rasedanje, nabiranje) što vernije odražava strukturu celog područja; ona, dakle, ne sme da bude disharmonično ubrana u odnosu na ostale slojne površine.

- Treba da je bliska produktivnom horizontu (kod nafte), ili da je to neka slojna površina samog produktivnog horizonta.

- Treba da se (na površini ili u bušotinama) lako prepoznaje i razlikuje od drugih, da ne bi došlo do pogrešnog povezivanja slojeva pri sintezi, a time i do pogrešne interpretacije strukture.

Nabušene ili sa terena upoznate tačke ove površine nanose se na kartu i uz njih se beleže njihove kote (apsolutne vlsine). Kod dubinskog bušenja kote se dobijaju oduzimanjem dubine ključnog horizonta od apsolutne visine početne tačke bušotine. Da bi se prikazao izgled ključnog horizonta konstruišu se **izohipse sloja (stratoizohipse)** kao presečne linije ključnog horizonta sa horizontalnim ravnima koje se nalaze na određenim međusobnim vertikalnim razmacima (**ekvidistancama**). Postupakje, dakle, analogan prikazivanju reljefa na topografskim kartama, samo što se ovde umesto površine terena izohipsama prikazuje jedna izabrana slojna površina.

Izohipse se konstruišu interpolacijom između tačaka ključnog horizonta za koje su poznate kote, načinima koji su poznati iz kotirane projekcije i geodezije (proporcionalno deljenje duži, metoda dva trougla itd.). Veliku pomoć pri tome predstavljaju pribori za merenje elemenata pada slojeva u bušotini, kao i merenje ugla pada sloja na neorijentisanom jezgru bušotine. Grubo iscrtane stratoizohipse, dobijene mehaničkom interpolacijom, koriguju se iscrtavanjem potrebnog broja profila (obično normalnih) i stalno poboljšavaju i dopunjuju podacima kasnije izvedenih bušotina.

Ekvidistancija stratoizohipsa zavisi od visinskih razlika tačaka ključnog horizonta, razmere strukturne karte i količine podataka (gustine bušotina).