

je tudi stvarno kazalo, ki obsega 900 gesel, tako da vsakdo zlahka najde snov, ki jo išče.

Knjiga je primerna za vse, ki jih zanima moderno stanje v iskanju in raziskovanju nafte, prav posebno pa delavcem pri vrtnanju na nafto, da morejo spoznati vse delo, ki ga opravljajo geologi v tej dejavnosti.

Jože Duhovnik

Alfred Mayer-Gürr: Petroleum Engineering, Geology of Petroleum, Vol. 3. Ferdinand Enke Publishers, Stuttgart, 1976. 208 str., 169 slik, 11 tabel, 65 cit. lit., format 12×19 cm. Kartonirano 16,80 DM.

Namen knjižice je, odgovoriti na vprašanje, katere dejavnosti obsega tehnologija pridobivanja nafte in plina, ali na kratko, kaj je naftni inženiring. Definicijo tega pojma najdemo v prvem poglavju, ki je čisto kratko, obsega le eno stran teksta, ki se konča z odgovorom na postavljeno vprašanje: Naftni inženiring je znanost, oziroma eksaktna znanost o razvojnem načrtovanju na področju nafte in plina ter njune proizvodnje po takšnih metodah, da se doseže najboljši izkoristek naftnega in plinskega polja in najboljši ekonomski rezultat. Tekst in priložena slika kažeta, katere dejavnosti obsega to znanstveno področje in kako so te dejavnosti neposredno ali posredno povezane med seboj in z drugimi področji dela celotnega naftnega gospodarstva. Na začetek razvojnega procesa sta postavljena raziskovalno delo in proizvodnja. Druga ožja področja dela so inženiring naftnega in plinskega polja, razvojni inženiring, ekonomika proizvodnje in geologija proizvodnje. Morda je vredno omeniti v tej zvezi, da avtor opozarja na razliko med naftnim in plinskim poljem; razvojni načrt naftnega polja mora upoštevati parametre naftonosnika in ekonomske zahteve, medtem ko je razvojni načrt plinskega polja bolj kompliciran, ker je odvisen še od posebnih kupoprodajnih pogojev ter problemov transporta in vskladiščenja.

Drugo in tretje poglavje obsegata skupaj 117 strani, tj. več kot polovica knjižice. Razdeljeni sta po decimalnem sistemu. V prvem razdelku drugega poglavja avtor odgovori na vprašanje, kaj je naftonosnik. To so kamenine vključno fluid, ki se v njih pretaka. Ker so pore kamenin povečini kapilarne velikosti, veljajo zanje zakoni o kapilarnosti. Zato razvrstitev plina, nafte in vode ni odvisna samo od njihovih specifičnih tež, temveč tudi od kapilarnih sil. Poleg kapilarnosti je tudi vpojnost ali hidrofilitnost pomemben dejavnik. Razvrstitev plina, nafte in vode se spreminja s spremembo višin nad svobodno vodno gladino. Zato v naftonosniku ni vedno in povsod strogo horizontalnih meja med plinom ali nafto in vodo.

V nadaljevanju pravi avtor, da so za naftnega inženirja poroznost, prepustnost in krivulja kapilarnega pritiska najpomembnejši parametri naftonosnih kamenin. Seveda so tu še drugi parametri, npr. oblika in velikost zrn, kristalna struktura, ki se določa z röntgensko analizo in polmer por. Posamezne lastnosti naftonosnih kamenin so nadrobno definirane in klasificirane. S skicami in modeli so prikazane metode njihovega določevanja. Podana so tudi razmerja med poroznostjo, prepustnostjo in polmerom por v naftnih poljih določenih geoloških formacij ter njihova odvisnost od geološke starosti. V porah naftonosne kamenine sta nafta in plin pod višjim pritiskom in pri višji temperaturi. Treba je določiti razmerje pritisk/volumen. V ta namen se vzame vzorec nafte

z dna vrtine in se preišče v visokotlačnem avtoklavu, v katerem se vzdržuje temperatura naftnega polja. Pri tem je treba seveda upoštevati, da so plini raztopljeni v tekoči fazi. Avtoklav z vzorcem surove nafte se položi v vodno kopel, ki ima enako temperaturo kot naftno polje. S pomočjo živosrebrve merilne naprave se sproti odčitujejo vse spremembe, nastale zaradi spremembe pritiska. Z zniževanjem pritiska narašča volumen in obratno. To razmerje je linearno. Pri določenem pritisku se potem prvič pojavi mehurček plina. Z nadaljnjim zniževanjem pritiska dobimo zmes izločenega plina in nafte v avtoklavu. Bolj ko znižujemo pritisk, bolj narašča volumen plina, volumen nafte pa se zmanjšuje. To zmanjševanje volumna pa ni več linearno. Ko se zniža pritisk na 0 barov in temperatura na temperaturo površja, se nafta še bolj skrči in kar preostane, je razplinjena nafta. S takšnim poskusom se določi tako imenovano razmerje PVT. Za pričetek proizvodnje iz določene vrtine se zniža steber izplake v tej vrtini tako, da je pritisk izplake nižji od pritiska v naftnem polju. Zaradi gradienta pritiska na relaciji naftno polje—vrtina začne vsebina por teči. Smer toka in njegova hitrost sta odvisna od fizikalnih lastnosti tekoče faze (viskoznost) in od naftonosne kamenine (prepustnost, oblika por idr.). Praviloma v naftnem polju tečejo plin, nafta in voda. Razume se, da prisotnost ene faze zmanjšuje prepustnost za drugo fazo. Ta zmanjšana prepustnost se imenuje efektivna prepustnost. Če efektivno prepustnost delimo z absolutno, dobimo relativno prepustnost.

Krivulje relativne prepustnosti kažejo, da nafta preneha teči, ko nasičenost z nafto pade pod 25 %. Na splošno velja, da to rezidualno nafto zadržujejo v porah kapilarne sile. Podobno velja za vodo; tudi del vode zadržujejo na stenah por kapilarne sile. To je fosilna voda (ali tako imenovana konatna voda), ki je bila »ujeta« v pore ob sedimentaciji. Rezidualne nafte ni mogoče pridobiti iz naftnega polja po običajnih metodah (vključno metodo water flooding). Odstotek rezidualne nafte zelo variira in znaša 20 do 80 %. Izkoristek se torej spreminja med 80 in 20 %.

Pred začetkom proizvodnje prevladuje v naftonosniku statično ravnotežje. Ko pa se pritisk izplake v vrtini zniža pod pritisk v naftonosniku, se začne komplicirano delovanje sil. Poruši se ravnotežje med težnostjo in kapilarnostjo in vsebina por začne teči. Pritisk v polju pade in zato se poveča prostornina ogljikovih vodikov, ki so preostali v porah naftonosnika. Pogosto vdre voda v prostore, ki sta jih izpraznila nafta in plin. Prične se izravnavanje snovi, ki se da izraziti z ustrezno enačbo snovnega izravnavanja ali materialne bilance. Razume se, da je treba v enačbi upoštevati različne fizikalne pogoje nafte, plina in vode v naftonosniku in zemeljskem površju ter njihove prostornine spremeniti po enotni fizikalni definiciji. Pretvorni koeficient se dobi iz analize PVT.

Enačba snovnega izravnavanja ali materialne bilance je pomembna med drugim zato, ker po njej izračunamo začetno količino surove nafte in plina (nafta in plin v naftonosniku) ter določimo količino robne vode, ki priteka. To nam omogoči, da izmerimo tlak robne vode in ocenimo, kako se bo obnašal naftonosnik pri različni stopnji proizvodnje.

Četrto poglavje obravnava naftno vrtino kot opazovalno točko. Avtor opozarja naftnega inženirja, da je pritisk najbolj očiten znak energije naftonosnika. Za realne sklepe in napovedi ga je treba meriti v globini vrtine; le redko je to

možno na ustju vrtine. V nadaljevanju avtor razloži princip meritev in meritvene metode ter instrumente. Ko je vrtina pripravljena za proizvodnjo, je pomembna naloga naftnega inženirja, določiti njeno zmogljivost. Določiti je treba koeficient proizvodnosti, tj. stopnjo proizvodnje na enoto pritiska. Stopnja proizvodnje pa je odvisna od razlike med statičnim pritiskom pri zaprtem ustju vrtine in dinamičnim pritiskom, ko je vrtina odprta. Če znaša npr. pritisk v naftonosniku 100 barov in če daje vrtina 45 m^3 surove nafte na dan pri pritisku 90 barov v obratujoči vrtini (pri depresiji 10 barov), znaša koeficient proizvodnosti 4,5 (45:10). S podobnimi enostavnimi računi in diagrami razloži avtor tudi druge osnove s področja pritiska, zmogljivosti, produktivnosti in medsebojnega vpliva vrtin, tako naftnih kot tudi plinskih.

Peto poglavje je posvečeno razvoju novo odkritega naftnega in plinskega polja. Razvijanje polja je pravzaprav tehnika, ki zahteva veliko mero izkušenj ter praktično uporabo znanja, nabranega pri preučevanju vseh dejavnikov, obravnavanih v prejšnjih štirih poglavjih. Gre za to, da se pridobi toliko surove nafte in plina, kolikor se ju pridobiti dá, in sicer pri tako nizkih stroških, kakor je to mogoče. Mnogo je odvisno od načrta vrtin in od načina vrtnanja. Določiti je treba, koliko vrtin se bo vrtalo, na kakšnih medsebojnih razdaljah in v kakšnih časovnih razmikih. Posebna skrb velja ocenjevanju, računanju in klasifikaciji rezerv. Računanje rezerv je podano po dveh metodah, statični (volumetrični) in dinamični, klasifikacija pa po J. J. Arpsovi tabeli, objavljeni leta 1962 v C. Th. Frickeovem priročniku o proizvodnji surove nafte.

Na koncu avtor grafično in računsko pojasnjuje 15 različnih raziskovalnih in računskih postopkov za reševanje problemov, postavljenih v posameznih poglavjih knjižice. Primerno orientacijo o vsebini knjižice pa nudi tudi stvarno kazalo, ki obsega 271 gesel.

Knjižica je izšla kot 3. zvezek fleksibilnih žepnih izdaj s področja naftne geologije v založbi F. Enke. Njena vsebina je še bogatejša kot je bilo to mogoče podati v tem kratkem sestavku. V spremni besedi je sicer napisano, da knjižica ni namenjena specialistom na področju naftne tehnologije. Vendar bo gotovo dobrodošla vsem zaposlenim z raziskavami in pridobivanjem nafte in plina, ker je po izbrani snovi in načinu podajanja vmes med obsežnimi priročniki na eni strani in dostikrat preskopimi ali presplošnimi podobnimi izdajami. Skupaj z 2. zvezkom žepnih izdaj pa bo koristno branje za razširitev obzorja tistim ljubiteljem znanosti, ki radi pogledajo tudi na sosednja področja, študentom, predavateljem pa tudi mladim inženirjem. Čeprav je naftna geologija mlada veda, je literatura s tega področja zelo obsežna. Zato je izbor, ki ga nudita obe knjižici še posebno dobrodošel. Podan je v enostavnem in razumljivem slogu pisane besede ter nazorno prikazan z ustreznimi slikami, skicami in diagrami, ki na najkrajši način pokažejo isto, za kar bi bilo sicer potrebnih mnogo besedi.

Štefan Kolenko