

A dunántúli SZÉNHIIDROGÉNTÁROLÓK szelvényezési és értelmezési módszerei.

Mint ismeretes, a mélyfúrások geofizikai vizsgálata nagyon lényeges, sőt nélkülözhetetlen része a szénhidrogénkutatásnak. A mélyfúrási geofizikai vagy karróttázs szelvények mellett, hogy mélységileg pontos képet adnak a fúrás által harrántolt rétegsorról, lehetővé tesszik a permeábilis rétegek folyadéktartalmának meghatározását is.

Az értelmezés szempontjából a tárolókat homokkő és mészkő-tárolókra szokták osztani.

A mészkő-tárolók értelmezésének módja sokkal megalapozottabb, mint a homokkő-tárolóké. A homokkő-tárolókon belül is különbséget kell tennünk a tiszta, és az agyagos kifejlődésű homokkővek között. A tiszta, agyagmentes homokkővek értelmezése általában megbízhatóbb eredményre vezet, mint az agyagosoké.

A szelvények alapján legtöbbször a rétegeknek csak a porozitását és vizeztelítettségét (a pórusokban lévő viznek a pórustérfogat százalékában kifejezett értékét) kapjuk meg és ezek alapján kell a szelvények értelmezőjének a rétegek ipari értékére, vagyis műrevalóságára következtetni.

Feltáró fúrásokban, ahol a rétetparaméterek (porozitás, permeabilitás, rétegviz sótartalom stb.) közelítő értékét ismerjük, a várható termelvény összetételét igen nagy valószínűséggel meg tudjuk adni a szelvények alapján.

Kutató fúrásokban, különösen a szerkezet első fúrásában, ahol a fontosabb rétetparaméterek értékét közelítőleg sem ismerjük, a szelvényből kapott porozitás és vizeztelítettség alapján gyakran csak azt tudjuk megmondani, hogy a réteg egyáltalán tartalmazhat-e szénhidrogéneket, vagy sem.

Szeretném hangsúlyozni, hogy igen fontos az interpretátor helyismerete is, aki tapasztalatból tudhatja az egyes tároló rétegekre vonatkozóan azt, hogy mennyi az a kritikus vizeztelítettség érték, amely alatt a réteg vízmentes szénhidrogéntermelést ad.

Hazánk két legrégebben ismert szénhidrogéntároló szerkezete a budafai és a lovászi. (Lásd 1. ábra) E szerkezetek alsópannonjának szénhidrogénes részét szinttájakra osztották.

A budafai mezőben 7 (Budafa, Zala Mura, Lispe, Kerettye, Sziget és Borsfa), a lovászi mezőben 5 (Páka, Felsőrátká, Alsórátká, Sziget és Lovászi) szinttájákat különböztettek meg. Termelési és magfúrási adatok alapján ismerjük az egyes szinttájakra jellemző

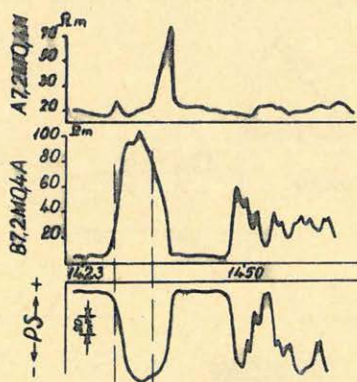
átlagos porozitás	($\bar{\Phi}$)
permeabilitás	(K)
rétegviz ellenállás	(R_w)
maradékolaj	(S_{CH})
olajfajsúly stb. értékeket	

Ezek ismeretében a szelvényekkel a vizsgálandó formációnak csak a valódi ellenállását (R_f) kell meghatároznunk ahhoz, hogy az Archie formula

$$S_w = \left(\frac{F \cdot R_w}{R_f} \right)^{1/2}$$

Tapasztalatból tudjuk, hogy a Lovászi szintűjébeli homokok 35 %-nál alacsonyabb viztelítettség érték alatt gyakorlatilag vízmentes olajtermelést adnak; a réteget értelmezésünkben elsőrendűen fontos tárolónak nyilvánítottuk.

A réteg megnyitása után segédgázosan 25 m³/nap tiszta olajtermelést adott.



2. ábra

Természetesen a lovászi, de különösen budafai mezőben akadnak kissé nehezebb problémák is. Elsősorban a peremi fúrásokban. Ugyanis az olaj-vizhatár feletti átmeneti zónákban a hosszú potenciál vagy inverz szondák felfelé ellenállásgradienst mutatnak annak jeléül, hogy felfelé fokozatosan nő az olajtartalom.

Az ilyen ellenállásgradienst mutató formációban az

$$S_w = \frac{1}{(1+a \cdot h)} \quad 1/2 \quad /3/$$

képletet használjuk, amelyben

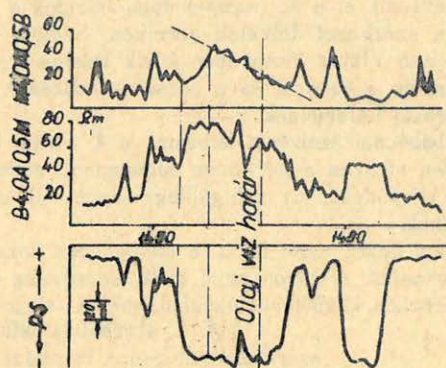
$$a = \frac{\Delta R}{\Delta h} \cdot \frac{1}{F \cdot R_w}$$

és h az olaj-vizhatár feletti magasságot jelent. A

$$\frac{\Delta R}{\Delta h}$$

ellenállásgradiens, vagyis az egységnyi mélységváltozáshoz tartozó ellenállásváltozás az átmeneti zónában.

Az olaj-vizhatáron fekvő rétegek esetén a 3. képlet alapján azt az olaj-vizhatár feletti h magasságot keressük, amely megfelel a kritikus olajtelítettség szintjének. E mélységszint feletti formációs szakaszt szabad csak megperforálni, ha vízmentes szénhidrogéntermelést akarunk.



3. ábra

A 3. ábra egy Budafa mezőbeli Borsfa szinttájon készült elektromos szelvényt mutat be. A szelvényen látható ellenállásgradiens arra utal, hogy a réteg közvetlenül az olaj-vizhatáron fekszik. Az inverz (gradiens talp) szonda görbéje alapján az ellenállásgradiens

$$\frac{\Delta R}{\Delta h} = \frac{20 \text{ ohm m}}{9 \text{ m}} = 2,22 \text{ ohm m/m}$$

A vizanalízisektől és a magvizsgálati adatokból tudjuk, hogy a Borsfa szinttájon az $F \cdot R_w$ szorzat általában 5 ohmm-rel egyenlő. Ezek szerint a 3. képletben a tényező

$$a = \frac{\Delta R}{\Delta h} \cdot \frac{1}{F \cdot R_w} = 2,22 \frac{\text{ohm m}}{\text{m}} \cdot 0,2 (\text{ohm m})^{-1} = 0,444 \text{ m}^{-1}$$

A szinttájra jellemző kritikus víztelítettség (Sw_k) kb 45 %. A feladat most az, hogy 45 %-os kritikus víztelítettség mellett megkeressük azt az olaj-vizhatár feletti h magasságot, amely felett a réteget megnyitva vízmentes vagy esetleg kis vízszázalékú olajtermelést kapunk.

$$h = \left(\frac{Sw_k^2 - 1}{Sw_k^2} \right) \cdot \frac{1}{a} = \left(\frac{0,45^2 - 1}{0,45^2} \right) \cdot \frac{1}{0,444} \text{ m} = -9 \text{ m}$$

Az olaj-vizhatárt a szelvényen kb 1467 m-ben állapítottuk meg. Ebből levontunk 9 m-t és megkaptuk a kritikus víztelítettségnek megfelelő mélységszintet, 1458 m-t.

A réteget a tetejétől 1433 m-től 1458 m-ig nyitattuk meg és az több mint 10 m^3 95 % olajtartalmú termelvényt adott.

Kutató területeink közül legjelentősebb a görgetegi szerkezet, amelynek délnyugati peremén helyezkedik el a heresznyei dóm. Jelenleg a heresznyei és a babócsi dómon, továbbá a szerkezet délkeleti peremén, Szulok, Kálmánca, valamint a szerkezettől nyugatra eső Vízvár térségében folyik kutatási tevékenység. Az itt telepített fúrások általában, de a babócsi és a heresznyei fúrások különösen igen hasonló kifejlődésű rétegsorokat harántolnak.

Egy tipikus babócsi szelvényt láthatunk a 4. ábrán. Mind a babócsi, mind a heresznyei fúrásokban megvan a jól ismert alsópannon gázos homokkőszint, amely rendszerint agyagos kifejlődésű. Ez a legjellegzetesebb és ezideig a legértékesebb szinttája a szerkezetnek.

Az alsópannon gázos szint felett, a felsőpannon homokkőösszetben is találunk néhol szénhidrogéneket. A gázos szint alatti alsópannon itt-ott ugyancsak tartalmaz kisebb, inkább lencsés kifejlődésű szénhidrogénes rétegeket.

A 4. ábrából is láthatjuk, hogy a görgetegi szerkezet rétegsora karottázs szempontból meglehetősen változatos. Tiszta és agyagos homok és homokkő rétegek és kisebb-nagyobb márga szakaszok váltogatják egymást. A rétegsoron belül jelentős porózitás és sőtartalomváltozások fordulnak elő.

Az ilyen rétegsorban tapasztalataink alapján az alábbi módszer mutatkozott a legalkalmasabbnak a szénhidrogénes rétegek kimutatására (lásd 5. ábra). féllogaritmikus koordináta rendszerben, a logaritmikus ordinátára az egyes permeábilis rétegeknek a szelvények alapján számított

$$\frac{R_{x0}}{R_t}$$

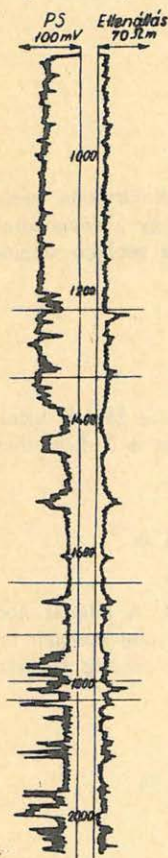
viszonyát, a lineáris abszcisszára pedig ugyanazon rétegek PS anomáliáját vesszük fel mV-ban.

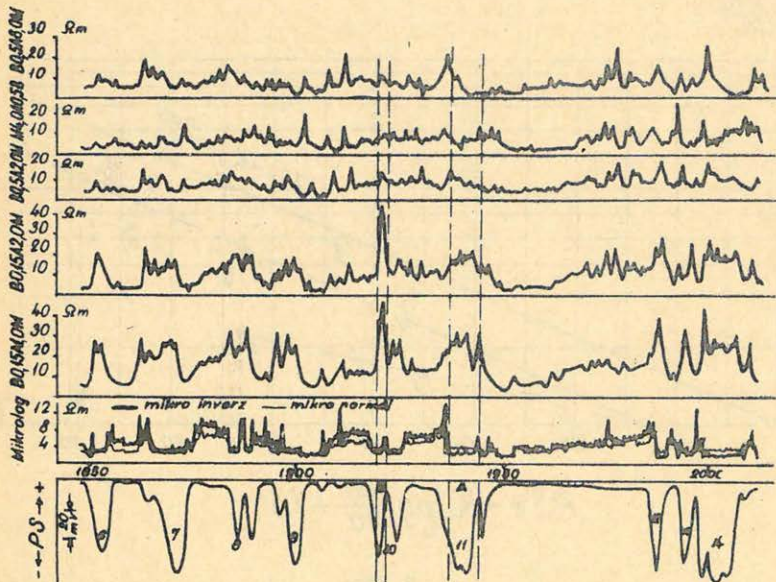
Az R_{x0} a vizsgált réteg iszap által kiöblített zónájának ellenállását, R_t pedig a réteg valódi ellenállását jelenti, R_{x0} -t a mikrológból megfelelő korrekciós görbeseregek segítségével, R_t -t pedig a laterál v. gradiens sonda görbéjéből "eltérési görbeseregek" alapján határozzuk meg.

A permeábilis rétegekre a fenti módon kapott pontok alapján (a jellegzetes K érték figyelembevételével) behuzzuk az átlagoló egyenest. Ez az egyenes a vizes rétegek vonala lesz, amelynek az egyenletét a 4. képlet fejezi ki:

$$PS = K \cdot \log \frac{R_{x0}}{R_0} + C \quad /4/$$

4. ábra





5. ábra

A c egy adott kut esetében a szelvényezés időpontjában fennálló állandót jelenti. A c konstans értéke általában 0-40 mV között szokott lenni, és azt fejezi ki, hogy abnormális PS-kifejlődésről van szó. Az abnormális PS létrehozói vagy az additív áramlási potenciál komponens vagy a rétegvízben lévő két vegyértékű ionok (Ca, Mg) szoktak lenni.

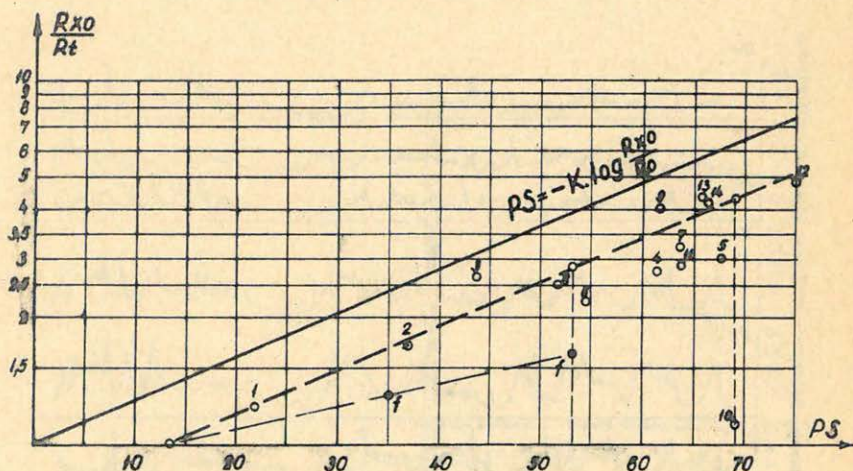
A vizes rétegek vonala alá különlegesen messze eső pont, vagy pontok szénhidrogénes rétegekre utalnak. Ha a szénhidrogénes réteg a PS görbe alapján agyagmentesnek látszik, viztelítettségét az előbb leírt módon felépített diagramm segítségével (5. ábra) határozzuk meg az 5. képlet alapján:

$$Sw = (1 - S_{CHi}) \left(\frac{R_{xo}}{R_t} \right)^{1/2} = (1 - S_{CHi}) \left(\frac{R_o}{R_t} \right)^{1/2} \quad /5/$$

$\frac{R_{xo}}{R_t}$ a vizsgálandó réteget jellemző pont ordinátája. Az $\frac{R_{xo}}{R_o}$ -t pedig a vizsgált pont ordinátájának a vizes rétegek vonaláig való meghosszabbítása adja meg.

A 6. ábrán látható szelvényszakaszt fenti módszerrel értékeltük ki az 5. ábrán. Az 5. ábra 10. sz. pontja a 6. ábra alapján üszta, agyagmentes homokkő. Vizeletettsége az 5. képlet segítségével

$$Sw = (1 - 0,2) \left(\frac{1,1}{4,4} \right)^{1/2} = 40 \%$$



$$PS = -K \log \frac{R_{x0}}{R_0} + 13$$

6. ábra

Mint ismeretes a tiszta homokkövek 40 % vízelitettséggel mellett általában vízmentes szénhidrogéneket szoktak adni. A réteg porozitása

$$\Phi = \left(\frac{0,62 \cdot R_w}{R_f \cdot S_w^2} \right)^{1/2,15} = \left(\frac{0,62 \cdot 0,14}{18 \cdot 0,16} \right)^{1/2,15} = 19,6 \%$$

Kiszámítottuk a réteg egységnyi térfogatából vizkihajtással kivethető maximális olajmennyiséget is a következő összefüggés alapján

$$J = \left(\frac{R_{mf}}{R_{x0}} \right)^{1/2} - \left(\frac{R_w}{R_f} \right)^{1/2} \quad 16/$$

és az 130 liter/m³-nek adódott.

Megjegyezzük, hogy ez a 2 m vastagságú réteg megvizsgálásakor napi 5 m³ olajat adott elenyészően kevés sósvízzel. Ha az 5. ábrán az érdekes pont agyagos kifejlődésű réteget ábrázol, mint például az f pont, a vízelitettséget a szaggatott vonallal jelzett utat követve határozzuk meg. Vagyis az agyagos réteg pontját a vizes rétegek vonalának kezdőpontjából a vizsgált réteg szintjére jellemző tiszta vastag vizes rétegek PS-ének megfelelő abszcisszáig vetítjük, és az így kapott vetített f pontra végezzük el az 5. képlettel kifejezett vízelitettségszámítást.

Ennek a módszernek igen nagy előnye az, hogy agyagos és tiszta kőze-

tek esetén egyaránt alkalmas a szénhidrogénes rétegek kimutatására. Tehát olyan rétegsorokban is alkalmazható, amelyeket tiszta és agyagos homokkövek egymást váltogatva építik fel.

A görgeteg-babócsai fúrások felsőpannonja egy majdnem összefüggő homokösszet, amelyben itt-ott kemény meszes csikok települnek. Az ilyen összetételben a PS görbén megbizható márga alapvonal rendszerint nem húzható be. Továbbá a PS anomáliák nagysága sem mutat nagyobb változásokat. Ezért az imént leírt módszer használata a felsőpannonban nem célszerű, mivel a pontok egy helyen sűrűsödnek és ezáltal az egyenes behúzása igen bizonytalanná válna.

Ezért a tiszta, agyagmentes, felsőpannon szakaszok víztelítettségének kiszámítására a módosított Archie formulát használjuk:

$$S_w = (1 - S_{CHI}) \left(\frac{R_{xo}}{R_l} \cdot \frac{R_w}{R_{mf}} \right)^{1/2} \quad (17)$$

ahol S_{CHI} a maradék olajteltetés a kiöblített zónában

R_w a rétegvíz ellenállás a réteghőmérsékleten

R_{mf} az iszapfiltrátum ellenállása réteghőmérsékleten.

Az agyagos homokok víztelítettségét a

$$PPS = -K \log \frac{R_{xo}}{R_l} - 2\alpha K \log \frac{S_{xo}}{S_w} \quad (18)$$

összefüggéssel kaphatjuk meg, ahol PSP az agyagos homok PS-e.

$$\alpha = \frac{PPS}{SPS}$$

vagyis az agyagos réteg PS-ének a tiszta vizes homok PS-éhez viszonyított értéke, K értéket a felsőpannonban 70-75-nek vesszük.

A 7. ábra egy görgeteg-babócsai felsőpannon szakaszt mutat be, amelynek B-vel jelölt része agyagos, az A-vel jelölt része agyagmentes és vizes homok (a magfúrás alapján).

Számítsuk ki az agyagos B szakasz víztelítettségét a 8. képlet segítségével. A vizsgálandó rétegre vonatkozólag a szelvények alapján a következő adatokat kapjuk:

$R_{xo} = 14$ ohmm a mikrologból

$R_l = 18$ ohmm a hosszú gradiens szondákból

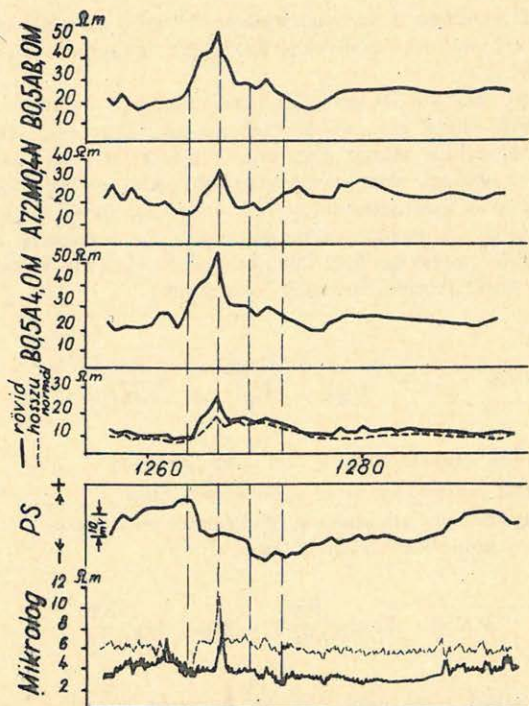
PPS = -18 mV az agyagos réteg szintjében

SPS = -29 mV a tiszta réteg szintjében

$S_{CHI} = 0.05$ magvizsgálatból.

$K = 70$ (feltételezett érték)

Mivel a 8. egyenlet az agyagos kőzet effektív pórusterére vonatkozó víztelítettségét adja, számításunk szerint a B réteg effektív pórusterének 48 %-át víz, a többi szénhidrogén foglalja el.



7. ábra

A réteg megvizsgálásakor $60.000 \text{ m}^3/\text{nap}$ éghető gázt és $5 \text{ m}^3/\text{nap}$ párlatot adott egészen kevés vízzel.

Ugyanerre a rétegre a Berlai Zoltán által javasolt ún. "viszonyszám-módszerrel" is végeztünk számítást. E módszer alapképlete:

$$S_{CH} = 1 - (1 - S_{CHi}) \left[\frac{Q}{V_1} \right]^{1/2} \quad /9/$$

ahol

$$V_1 = \frac{\frac{R_l}{R_{xo}}}{\left(\frac{R_l}{R_{xo}} \right) \text{bázis}} \quad /10/$$

A "Viszonyszám-módszer" alkalmazásához egy vizes bázisréteget kell választani. Ha a bázisréteg a szinttájon belül fekszik és agyagmentes, akkor a 9. egyenletben szereplő Q értékét a

$$Q = \frac{a \frac{R_{mf} - R_{SH}}{R_{SH}} + 1}{a \frac{R_w - R_{SH}}{R_{SH}} + 1} \quad /11/$$

összefüggésből számítjuk ki.

a a vizsgálandó réteg agyagossága ($1 - \alpha$)
 R_w a vizsgált és a bázisréteg vizének ellenállása
 R_{SH} a homokkőbe települt agyagcsíkok ellenállása

A 9. képlet alapján kapott szénhidrogéntelítettség (S_{CH}) a kőzet folyadék- és agyagrészecskékkal töltött részének relatív szénhidrogéntartalma. Ebből az effektív pórustérre vonatkoztatott szénhidrogéntelítettség

$$S_{CHe} = \frac{S_{CH}}{1 - a} \quad /12/$$

A viszonzszám-módszerhez az A réteget választottuk bázisréteggül, amelyre vonatkozóan a szelvények alapján:

$$\left(\frac{R_1}{R_{x0}} \right)_{\text{bázis}} = \frac{8 \text{ ohmm}}{13 \text{ ohmm}} = 0,615$$

Az $R_w = 1,1$ ohmm a formáció hőmérsékleten (vizanalízis alapján)

$$a = 1 - \alpha = 0,38$$

$$R_{SH} = 6 \text{ ohmm}$$

$$\frac{1}{Q} = \frac{0,38 \frac{1,1 - 6,0}{6,0} + 1}{0,38 \frac{1,7 - 6,0}{6,0} + 1} = 0,95; \quad V_1 = \frac{\frac{18}{14}}{\frac{8}{13}} = \frac{1,29}{0,615} = 2,1$$

Az A réteg szénhidrogéntelítettsége:

$$S_{CH} = 1 - 0,95 \left(\frac{1}{0,95 \cdot 2,1} \right)^{1/2} = 0,38$$

Az effektív pórustérre vonatkoztatott víztelítettség:

$$S_{CH} = \frac{0,33}{1 - 0,38} = 0,53$$

Ebból az effektív pórtétel víztellettsége:

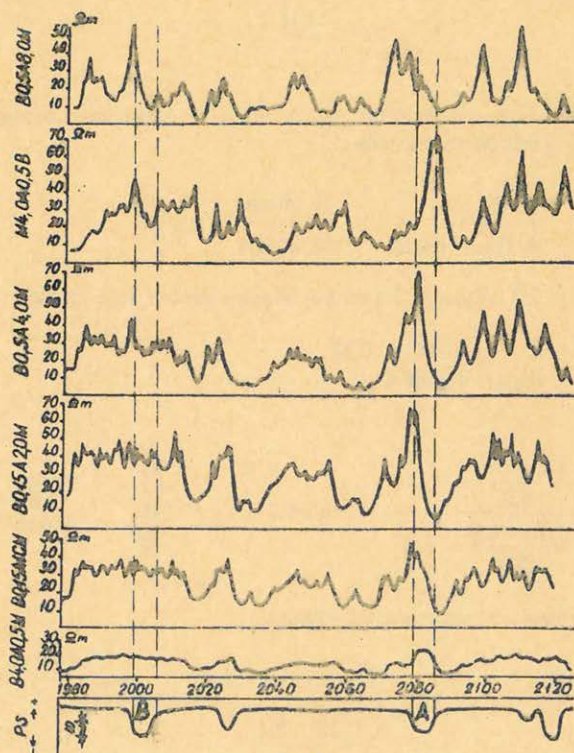
$$S_w = 1 - S_{CHe} = 0,47 = 47\%$$

Tehát látjuk, hogy a B rétegre a viszonyszám módszerrel 47 %-os víztellettséget kapunk. Természetesen az egyezés nem mindig ilyen jó. Az utóbbi módszernél, különösen az agyagtartalom megbízható meghatározása ütközik nehézségbe.

Az utóbbi interpretációs módszerek alkalmazásához az R_1 -t a BKZ görbékől, R_{x0} -t a mikrologból határozzuk meg.

A görgetegi szerkezet fúrásaitól igen eltérő rétegsort harántolnak a Bajcsa környéki fúrások, amelyeket az inkei szerkezet észak-nyugati peremére telepítettek. A bajcsai fúrások szénhidrogént is tartalmazó alsópannonját főleg kemény meszeskötésű és kis-porozitású homokkővek építik fel.

Kisporozitású kőzetekben az előző módszerek nem alkalmazhatók, mivel R_{x0} értékét a mikrolog kis porozítások esetén nem adja meg.



8. ábra

Kisporozítású kőzetekben az előző módszerek nem alkalmazhatók, mivel R_{x0} értékét a mikrolog kis porozítások esetén nem adja meg.

Egy tipikus bajcsai szakaszt ábrázol a 8. ábra.

E rétegekre jellemző, hogy kis effektív porozitásuk miatt mélyen elárasztottak. Ilyen körülmények között a 40 cm-es rövid normál szonda az elárasztott zóna R_i fajlagos ellenállását adja. Ezért itt olyan interpretációs módszert használunk, amelyben R_{x0} helyett R_i szerepel. A módszer alapképletének leszármaztatásához az elárasztott és az érintetlen zónára felírt Archie formulát használtuk fel.

A levezetéseket itt is mellőzve a bajcsai homokkővek vizelettségét az alábbi képlettel fejezzük ki

$$S_w = \left\{ \frac{R_{i0}}{R_t} \left[z + (1 - z) \frac{R_w}{R_{mf}} \right] \right\}^{1/2} \quad /13/$$

R_{i0} a szinttájon belüli vizes rétegek elárasztott zónájának ellenállása, amelyet a rövid normálból határozunk meg.

z a maradék rétegvíznek a pórusokban lévő összes vízhez viszonyított aránya az elárasztott zónában. Irodalmi adatok alapján ezt átlagosan 0,1-nek vesszük.

A 13. képlet leszármaztatásánál a kőzeteket agyagmentesnek tételeztük fel. Számítsuk ki a 8. ábra A rétegének vizelettségét, amelynek valódi ellenállása

$R_t = 55$ ohmm a BKZ görbék alapján.

$R_w = 0,32$ ohmm vizanalízis alapján.

$R_{mf} = 1,7$ ohmm.

$R_{i0} = 25$ ohmm, a szinttájon belüli B vizes réteg elárasztott zónájának ellenállása.

Az A réteg vizelettsége

$$S_w = \left[\frac{25}{55} \left(0,1 + 0,9 \frac{0,32}{1,7} \right) \right]^{1/2} = 37 \%$$

A réteg porozitása

$$\Phi = \left(\frac{0,62 - 0,32}{55 \cdot 0,37^2} \right)^{1/2,15} = 18,5 \%$$

Az A réteg 80-100 ezer m^3 /nap éghető gázt adott víz nélkül.

A bajcsai területen a fenti módszerhez 5 BKZ görbét (gradiens szondákkal) és 2 normál görbét veszünk fel.

Igen nagy segítséget fog jelenteni itt a laterolog mérési eljárás bevezetése. Az R_i és R_{i0} értékét a pseudo-, az R_t értékét a mélybehatolású laterolog pontosabban fogja megadni, mint a konvencionális szelvények.

Hazánk legjelentősebb ismert olajtárolója a nagylengyeli mészkő. Mint ismeretes, jelentős mennyiségű olajat termelünk itt a torton és a kréta mészkő, valamint a triász dolomit rétegekből.

Az értelmezés szempontjából a mézskötárolók jelentik nemcsak hazai, de világviszonylatban is a legnagyobb problémát. Ennek oka a mézskövek erős heterogénitásban rejlik. A probléma bonyolultságára való tekintettel a mézskötárolók értelmezését itt nem tárgyaljuk. Csupán annyit említünk meg, hogy a jelenlegi konvencionális szelvényezési módszerek mellett az egyes zónák viztelitetségét nem tudjuk kiszámítani. Ennek ellenére igen nagy segítséget nyújtunk azáltal, hogy megjelöljük azokat a zónákat, amelyekből perforálás és savazás után ipari mennyiségű folyadékot kaphatunk.

Összefoglalva az elmondottakat, hangsúlyozzuk, hogy a szénhidrogéntárolók értelmezésénél mindig a legmegfelelőbb módszert kell megtalálni. A módszerek mechanikus alkalmazása azonban nem mindig jár sikerrel.

Markó László

IRODALOM

- 1/1/ MR.J.Wyllie; The Dunderamentals of Electric Log Interpretation. Academic Press Inc. New-York, 1957.
- 1/2/ A.Poupon, M.E.Loy, M.P.Tixier; A Contribution to Electrical Log Interpretation in Shaly Sands, Journal of Petroleum Technology, 1954. jun.
- 1/3/ M.P.Tixier; Electric Log Analysis in the Rocky Mountain. The Oil and Gas Journal 1949. jun. 23.

H i b a j e g y z é k .

A Magyar Geofizika I. számában több stiláris és sajtóhiba van. Olvasóink szives elnézését kérjük a sajnálatos hibákért, amelyeket az alábbiakban helyesbítettünk.

5. oldal 12. sor: létünk	helyett	látunk
8. oldal 13. sor: részlegeknél	helyett	részlegek
9. oldal 20. sor: dolgoznak	helyett	dolgozik
10. oldal 7. sor: deriváltax	helyett	deriváltak
11. oldal 15. sor: definált	helyett	definiált
12. oldal 25. sor: amelyeket	helyett	amelyet
18. oldal 25. sor: $\varphi \sqrt{\frac{0.62}{F}}$	helyett	$\varphi = \sqrt{\frac{0.62}{F}}$
21. oldal 21. sor: indikája	helyett	indikálja
24. oldal 16. sor: ixperimental	helyett	experimental
24. oldal 17. sor: compositon	helyett	composition

