

Karotázs vizsgálatok a földtani kutatás szolgálatában

Írta: Dr. Salamon Batur

Bevezetés

A Schlumberger fivérek úttörő munkájával kezdődően, 1927 óta külföldön és hazánkban a különböző célú fúrások fizikai jelenségeken alapuló műszeres vizsgálati jelentősen sokasodtak, fejlődtek és hasznosságukkal fokozatos elismerést szereztek. Ezeknek a vizsgálatoknak tudományos-műszaki feladata sajátosan nehéz. Ez készítette a vállalkozó geológus, geofizikus és elektronikus szakembereket, hogy kifejlesszék azt a tudást és szemléletet, amely mindegyik szaktudomány periferiáján van és így elvesztívén eredetiségét, nehezen kap elismert helyet. Ezen kívül az elkerülhetetlenül szükséges mesterségszaki szakértelem, vagy pusztán emberi magatartások ütközései gátolják a hatásos előrehaladást. Ezen szaklap geológus szemléletű profiljához való hízelgés nélkül és vállalva az esetleges ellenkezést, magamévá teszem az alábbi idézetet, amely az összetett munka elvégzésére alakult csoportosulás kötelező szellemét írja le:

„Az ásványi anyagok felderítése a geológiával kezdődik és azzal fejeződik be. A geofizikus az ő saját helyén kiszolgálja a geológust azáltal, hogy segítségére van az adott geológiai helyzet valóságának megfelelő leggyorsabb feltárásában” [1].

Tények és nézetek

Évek óta várunk a karotázs vizsgálatokról olyan áttekintő közleményeket, amelyek közérthető és mindenekelőtt őszinte szavakkal feltárnák a téves elképzelés, szándékos propaganda, vagy alaptalan feldicsérés között a valódi lehetőségeket. Ezen rövid, kezdeményező szándékú cikkkel csökkenti igyekszem a hiányérzetet, buzdítván olvasóimat a tárgykőről alkotott véleményük közlésére. Az ilyen írások aktualitását igazolják a következő évben kezdődő ötéves tervünk gazdasági intenciói is. Ismét növekszik a kőolaj- és földgázfeltáró fúrások száma, tehát fokozódik az igény a korszerű, jobb — pontosabb, megbízhatóbb, részletesebb, elemzőbb — karotázs vizsgálatok iránt. Mielőtt hozzáfognánk ezen jogos igény kielégítéséhez, idősebb a karotázs vizsgálatok szakterületére is bevezetni a mérés technikában szokásos szemléleti rendet, elsősorban a hibaelemzés tárgyköréből.

A mérési láncban tanulmányoznunk kell a módszer és a műszer szinergikus kapcsolatát. A karotázs vizsgálat tartalmazza a mérést és az azt követő kiértékelést és értelmezést a vizsgálat tárgyának megfelelően. A karotázs vizsgálat — bár a velük foglalkozó és keményen dolgozó szakemberek nagy jelentőséget tulajdonítanak annak — a fúrt lyuk kis környezetéből szolgáltatja az adatait. Megjegyzem, hogy itt és a

következőkben kerülöm a divatos „információ” szó használatát, mivel szerepe a geofizika területén, de különösen a mélyfúrású geofizikában a pontos értelmezés hiányában még nem jutott túl a szónoki hangzatosságon. A karotázs vizsgálat, noha eredményei fontosak, a geofizika tudományában csak egy fejezetet kap („mélyfúrású geofizika”, „ipari geofizika”, vagy „lyukszelvényezés”) nem alap-, hanem kiegészítő kutatás, módszerei a felszíni geofizikai vizsgálatokból ismertek. Kissé köznapi érveléssel azt mondhatjuk: nem a karotázs vizsgálatokkal kutatják az olajat, csak segítségével közelebről megnézik. Mindez azonban semmit sem von le értékéből és semmiképpen nem ad felmentést a műszaki pongyolaságra. A fúrás költsége igen magas, a karotázs vizsgálatok használati értéke nem csupán a számlázott összegben fejezhető ki.

Az egyes eljárásokat elvileg régen kidolgozták, az utóbbi években a meglepő újdonságok sürgetése helyett világszerte a meglévő műszereket és alkalmazásukat tökéletesítették. Ennek szükségességét a műszaki előrehaladás jelenleg egyetlen helyes lépéseként a nagy tapasztalatokon okuló, belső kritikával élő azon országok ismerték fel először [2, 3, 4], amelyeknek minden eszközük és lehetőségük megvan, hogy megértessék velünk a realitásokat és vezető szerepüket. Melyek a lyukszelvényezéssel kapcsolatos alapvető mérés technikai problémák?

1. A legtöbb geofizikai paramétert az ún. közvetett mérési módszerrel tudjuk érzékelni, tehát a mérendő mennyiséget csak számítás útján lehet becsülni. Ezért látjuk azt, hogy a műszerek leírásában levő specifikációs adatok túlnyomóan közvetlen elektronikus jellemzőkkel vagy mesterséges — és ezért korlátozott — beállításokban (modellekben) meghatározott karakterisztikus adatokkal foglalkoznak. Csak ritkán kapunk a rendeltetésszerű használatra (pl. porozitásmérésre) vonatkozó adatot a mérési tartománnyal és pontossággal jelölve. Ugyanakkor ne felejtjük el, hogy a gyakran relatív értékben közölt műszerpontosság nagymértékben függ a mérési tartománytól (pl. egy indukciós szonda a 0,5 Ohmm-es közeget $\pm 5\%$, a 100 Ohmm-es közeget már $\pm 100\%$ hibával méri).

2. A lyukszelvényező mérés a szokásosnál fokozottabban van kitéve a rendszer-érzékelő kölcsönhatásnak, amelyet az élenjáró cégek speciális felépítésű szondáikkal csökkenteni igyekeznek. A lyukszelvényező berendezés regisztrátorán a mérés tárgyát képező — a réteg érintetlen zónájában levő — valódi érték helyett, a fúrólyuk, a közettani felépítés és a műszer karakterét is tartalmazó hozzáférhető (látszólagos) értéket rögzítjük.

Példaképpen ragadjuk ki a természetes gammasugárzás szelvényezésének problematikáját. A hazai karotázsszolgálatban használt különféle szondák cpm, vagy $\mu\text{r/h}$ értékben skálázott szel-

vényei — a szondákban levő különböző típusú és méretű detektorok és azoknak a kőzetekből érkező kálium, urán és tórium sugárzására adott számlálási szintje miatt — akkor sem vehetők össze minden fenntartás nélkül, ha a radioaktív érzékenységüket azonos típusú sugárforrásra ismerjük (noha találunk összehasonlíthatatlan rádium- és kobaltizotópra vonatkozó adatokat is). Mint ismeretes az USA-ban használt API-szabvány [5] ezt a hitelesítési feladatot megoldja, sőt a kőzetmodellben meghatározott érzékenység kifogástalanul vonatkoztatható a fúrásokban végzendő mérésekre.

A skálák készítéséhez meg kell még jegyezni, hogy szemben a hazai színvonallal, a haladó nyugati cégek szelvényein többnyire nem a szondából közvetlenül érkező, elsődleges adatokat rögzítik (pl. nukleáris mérésnél a cpm-értékeket), hanem a szondáknak a fúrólukhatásokkal helyesbített karakterisztikáján és a hitelesítési adatokon alapuló összefüggésekből számított paramétereit (pl. a sűrűséget, vagy porozitást).

De a skálaegyeztetési gondokon túl a szondák indikációját a konkrét mérési körülményekben zavarják: a fúrás átmérője, az iszap sűrűsége, a csövezés (cementezés) adatai, a szonda lyukbani pozíciója (excentricitás), a rétegvastagság (a regisztrálási időállandóval és a vontatási sebességgel való összefüggésben). Ha csupán két tényezőnek, a fúrás átmérőjének és az iszapsűrűségnek a hatását vesszük figyelembe — az előbbi 7"-ről 9"-ra, az utóbbit 1,2-ről 1,4 g/cm³-re történő egyidejű változással — akkor egy szonda számlálási szintje kb. 15⁰/₀-kal csökken. Lehet, hogy ezzel a 15⁰/₀ eltéréssel valaki nem törődik és ezért nem is korrigálja a litológiai tagolás céljára szolgáló szelvényt, amelyen az aktív és kevésbé aktív rétegszekvencia ezen eltéréssel szemben sokkal markánsabb. Ebben az esetben a cpm-érték helyett a szelvény fejlődésében elegendő csak nyilat rajzolni az intenzitás növekedésének irányába.

3. Végül is meg kell adnunk a valódi érték legjobb becsléseként a helyes (korrigált) értéket, mint a mért értéknek és egy előírt valószínűséggel rendelkező, a mérés bizonytalanságát (pontosságát) leíró konfidencia intervallumnak az összegét [6]. A bizonytalansági intervallumot mérési sorozat elvégzésével határozzák meg. A lyukszelvényező mérés egy „mérési menet”, esetleg egy-egy szignifikáns lyukszakasz ismétlésével. Ismeretes olyan geofizikus álláspont, miszerint a lyukban mozgatott szonda és környezetének ellenőrizhetetlen kapcsolata miatt, az ismétlés szabályához tartozó változatlan külső körülmény nem biztosítható, ezért a mérések reprodukálhatósága nem jellemző a mérési pontosságra. Ez a szemlélet nem illeszthető be a mérés technika elveibe, jobbra a kényszerpályákhoz kötött (falhozszorítást, vagy centírozást igénylő) szondák „védelmére” szolgál, a nagyobb térrészt érzékelő, tehát átlagoló tulajdonsággal rendelkező szondákkal szemben, amelyeknek ezért jobb az ismétlődőképességük. A dilemma feloldására a modellekben, vagy ismert struktúrájú kísérleti lyukban mérési sorozatot kell végezni.

A geofizikai paraméter becslésekor úgy is képezhetünk mérési sorozatot, hogy a határozottan kijelölhető rétegeknél a görbét a szonda térfelbontási értékével mélység szerint kvantáljuk.

Összegezve, a szubjektív hibáktól eltekintve, a következő képlettel számíthatjuk az „A” geofizikai paraméter relatív hibáját:

$$\frac{dA}{A} = \sqrt{V_m^2 + V_h^2 + V_f^2 + e_k^2}, \quad (1)$$

ahol V_m a műszer pontossága és stabilitása,
 V_h a hitelesítés pontossága,
 V_f a lyukhatások okozta rendszeres (figyelembe vehető) hibák,
 e_k a korrekció pontossága, amely tartalmazza a keresett paraméter becsléséhez használt grafikonok, táblázatok és számítások hibáját.

Az egyes tagokat a mért értékek szóródása következtében standard varianciának tekintjük, így a természetes gamma sugárzás példájában $V_m = 5,1^0/0$ (ha a szonda elektronikus stabilitása 2⁰/₀, hőmérséklet-stabilitása 3⁰/₀, a rate-meter pontossága 2⁰/₀, a statisztikus hiba 2⁰/₀, a regisztráló pontossága 2⁰/₀ és a filmről való leolvasási pontosság 2⁰/₀), $V_h = 5^0/0$ (sugárforrással történő hitelesítésnél), $e_f = 0^0/0$ (azaz tökéletes korrekciót végzünk a lyukhatások kiküszöbölésére), $V_k = 10,4^0/0$ (ha a korrekciós nomogramok pontossága 3⁰/₀ és a leolvasási hiba 10⁰/₀). Végeredményben az (1) képlet szerint a geológus elé kerülő szelvény cpm-értékeinek pontossága átlagosan 12,2⁰/₀.

Ha a mért gamma-sugárzásból ($I_g = 2$ feltételes egységgel) a relatív intenzitással az agyagosság becslését elvégezzük, akkor $I_{ga} = 3$ agyag-indikáció és $I_{gh} = 1$ homok-indikáció esetében a számítás hibája 40⁰/₀ lesz.

Vegyünk egy másik példát. A gamma—gamma eljárásból történő effektív porozitás meghatározására szolgáló egyenlet:

$$\Phi = \frac{D_m - D_b}{D_m - D_f}, \quad (2)$$

ahol D_m a tárolóközet mátrix sűrűsége (legyen 2,7 g/cm³ és abszolút pontos feltételezés), D_f a pórufolyadék sűrűsége (legyen 1 g/cm³ és abszolút pontos feltételezés) és D_b a kőzet mért sűrűsége 2,4 g/cm³. Tegyük fel, hogy igen jó műszerrel $\pm 0,03$ g/cm³ hibával tudjuk a mért sűrűség értékét megadni. A porozitás meghatározásának pontossága:

$$\frac{d\Phi}{\Phi} = \frac{1}{D_m - D_f} \cdot \frac{dD_b}{\Phi}. \quad (3)$$

A helyettesítések és átrendezés után a (3) egyenlet

$$\frac{d\Phi}{\Phi} = 0,0175 \cdot \frac{1}{\Phi} \quad (4)$$

alakú lesz. Tehát a $\Phi = 17,6^0/0$ porozitást a (4) formula szerint 10⁰/₀ relatív hibával kaphatjuk meg, azaz a porozitás helyes értéke 15,84⁰/₀ és 19,36⁰/₀ közötti intervallumba esik.

Ehhez hasonlóan, a mérési lánc áttekintésével az összes mérési eljárásból származó paraméter hibája meghatározható. Mindenesetre megértjük

a Dresser Atlas cég mérési szerződésében levő kijelentést: „... mivel minden interpretáció olyan szakvélemény, amely elektromos, vagy egyéb mérésekből levont következtetéseken alapul, nem tudjuk garantálni és nem is garantáljuk egy interpretáció pontosságát vagy helyességét sem” [7].

Ezen gondolatkör végén kell megemlítenem a mélységmérés kérdését. Annak ellenére, hogy a csőrlőről lefutó kábelek hosszát tízezrelék pontosan lehet mérni, a kábeleknek felépítésüktől és a fűrt lyuk adataitól függő megnyúlása miatt csak $1^0/_{00}$ mélységszámlálási pontosság érhető el. De még ehhez is igen precíz hitelesítésen és súlymérésen alapuló korrekciós függvényt kell használni.

Helyzetkép

A műszerezettség világszínvonalának bemutatására táblázatot állítottam össze a vezető nyugati cégek (Schlumberger, Dresser Atlas, GO International) prospektusai, a KGST-katalógus, a szovjet és hazai intézmények közleményei és saját ismereteim alapján. A táblázatban csak azokat az eljárásokat listáztam, amelyek geofizikai lyukszelvényt szolgáltatnak — tehát elhagytam pl. a mintavevőket — és nem említem a régen elavult eszközöket (pl. az SP regisztrálással történő rétegdőlésmérést). Az áttekinthetőség kedvéért célszerű rövidítéseket és szimbólumokat használtam. Nem tüntettem fel a külföldi, vagy hazai típus-, illetve márka neveket, mert ezeket többen nem ismerik. A táblázat felépítését illetően követem kiváló emlékü, tudós barátom javaslatát [8] a tisztázott geofizikai nevezéktan útján: azaz *módszer* az, ami valamilyen fizikai tényen nyugszik, az *eljárás* a módszer ágazata, a *megoldás* az eljárás kiviteli módja, a tényleges műszer és mérés „mesterfogásainak” összessége. Még napjainkban is tapasztalható az a jelenség, hogy egyes régi, vagy új mélyfúrás vizsgálatnak, vagy műszernek — a geológiai, geofizikai célt elhomályosítva tévesen, esetleg szándékolt kiemeléssel — nagyobb rangot adnak, mint ami megilleti. Így pl. beszélnek „digitális karotázsról”, holott a karotázs mérés csak a specifikus fizikai jelenségen alapuló módszerekből, vagy azoknak valamilyen megvalósítási eljárásából kaphat jelzöt, nem pedig a mélyfúrásban folytatott mérés elektrotechnikai megoldásából.

A táblázat közepén szemléltetem az egyes lyukműszerek külföldi és hazai helyzetét. Fejlesztés alatt áll az a szonda, amely még nem esett át a jelentős terepi vizsgálatokon. Nincs gyakorlatban az a megoldás, amely ugyan túl van a terepi vizsgálatokon, alkalmazási feltételei tisztázottak, de a gyakorlatban levőkkel szemben nem szerepel a szelvényezési szolgáltatásban, aminek az lehet oka, hogy speciális érvényű, vagy túlságosan drága. Az elavult megoldások helyett van jobb. A hazai színvonalat nem csupán a meglévő műszerek nivója, a fejlesztésben tapasztalható sok éves lemaradás szerint kell megítélni, hanem a karotázs szolgál-

lat hiányos felszereltsége szerint is. Rangos szerző tollából olvashattuk [9], hogy a szénhidrogén-kutatófúrásokból legfeljebb csak 7 paramétert tudunk felvenni — és hadd tegyem hozzá — azt is nem a kellő minőséggel. Szembetűnő az a tény, hogy hazánkban nem a kifinomult elektronikus áramkörökkel készített szondákat nélkülözzük, hanem a bonyolultabb finommechanikai szerkezeteket, amelyek lehetővé teszik a felhozszorítást és kombinálást.

A felsorolt 57 megoldás közül a 14 kombinációban 31 szerepel. Természetesen a többi is fontos (pl. a spektrális neutron-gamma, vagy a lyukfalkép), de egyedileg fordulnak elő, nem szereztek általános alkalmazási kört. Magyarországon 27 megoldást készítenek és ennek a nagyszerű aránynak jobban örülhetnénk, ha a berendezések műszaki adatai és használati utasításai elérnék a világszínvonalat. Annál elszomorítóbb, hogy a bemutatott kombinációk egyikét sem fejlesztjük, így nincs mód a nagyobb biztonságú, többkomponenses kiértékelésre és a relatív mélységegyeztetés megvalósítására.

Magyarországon a műszerfejlesztés támogatására több mint tíz éve kedvező álláspont uralkodik, amelynek következményei sok tekintetben különösek.

1. Műszer- és módszerfejlesztés a jelszó, holott a logikus sorrend fordított, mivel a módszer az indító. Így azon felül, hogy a műszerfejlesztő nem kap elegendő iránymutatást, az elkészült műszerre utólag ráhúzott módszertani utasítás korlátozott. A helyes út az, ha a mérést egészen a kiértékelés hibaanalíziséig a lehető legjobban megtervezik — netalán számítógépes szimulálással — és olyan műszer-specifikációt rendelnek, amely indokolt.

2. Gyakori hazai műszerfejlesztő koncepció az „univerzalitás”, míg nyugaton egy paraméter minél zavartalanabb méréséhez célműszert készítenek. Az előbbi szellemben készült műszer az egyes eljárásokban tökéletlen, a célműszer felépítése és kombinatív volta kiküszöböli, vagy legalábbis minimálisra csökkenti a lyukhatásokat.

3. A hazánkban levő magasabb geotermikus gradiens következtében igényelt magas üzemi hőmérsékletű szondák kifejlesztése rendkívül nagy technológiai feladatot jelent, de nemcsak itthon, ahol nincs megfelelő építőelem, hanem még az élenjáró iparral rendelkező országokban is. A nagy pénzügyi keretet lekötő, kiváló szakértelmet igénylő és hosszú átfutási idejű fejlesztések, a kezdeti szakmai lelkesedés után, számtalan kudarcon mentek át. Amíg a műszer nem készült el, vagy hibás volt, a módszertani alkalmazás elmaradt még az alacsonyabb hőmérsékletű típusokra is. Könnyű volna ezekre példákat idézni. Eközben külföldön a 200 °C-os szondák standard típusok lettek.

4. A lyukműszerek átmérőiben való bizonytalankodás károsan befolyásolta a beépítésre kerülő érzékelők és a csatolt elektronika méreteit. Az utóbbi években kissé rendeződött a választék, de még ma sincs határozott útmutatás a lyuk konstrukciója és a benne alkalmazandó optimális méretű szonda között.

5. A lyukműszerek sokféle méreteinek, valamint hőmérséklet- és nyomáskategóriájuk változatosságának következménye a napjainkban is rendezetlen karotázs csatlakozórendszer, amely látszólagos aprósága ellenére a műszerezés gyors elterjedésének fontos eleme.

6. A hazai felszíni panelek — néhány fejlesztésben levő kivétellel — a primitív szondák következtében nem követik a jelkezelő és egyszerű számító áramköröket is tartalmazó nyugati egységeket, amelyekkel immár több, mint egy évtizede a szondák elsődleges adatait átdolgozzák, és a lyukhatásokra korrigált geofizikai paraméterrel arányos jeleket továbbítanak a regisztrálókra. Ide sorolom még a kisszámítógépekre épített gyorskiértékelő, in-situ analízis is, amely a jelek szerint a jövő egyik fő tendenciája a központi adatfeldolgozás helyett.

7. Közben többnyire világossá vált, hogy a magas üzemi hőmérsékletű, valamint bonyolult szerkezetű szondákat nem tudjuk az igényelt színvonalon elkészíteni [10], intenzíven folyik a karotázs berendezések központi elemének, a regisztrálóknak fejlesztése. Az ország szűkre szabott erejét meghaladóan, az elmúlt 10 évben egészen napjainkig, 3 helyen, 5 közel azonos tulajdonságú fotoregisztráló fejlesztésével és előállításával foglalkoztak, illetve foglalkoznak. Ezek mellett nagy érdeklődés kíséri az élenjáró szelvényező cégek készletében nem szereplő — elsősorban nukleáris spektrumok, akusztikus hullámképek, gerjesztett potenciálgörbék rögzítésére készített — digitális regisztráló és számítógépes kapcsolatának bemutatkozását.

Összefoglalásképpen a hazai helyzet javítására közlendő gondolataim csak ismétlések: szükség van az erőik ésszerű, hatásos felhasználására; olyan feladatot kell tervbe venni, amelyet biztosan és nívósan meg tudunk oldani; a külföldiekre támaszkodva létre kell hozni a karotázs műveletek hazai szabványait, amelyek a definícióktól kezdve előírják a méreteket, skálákat és a hitelesítéseket.

Következtetések

A megnövekedett felhasználási igények követelik a karotázs vizsgálatok területén a metrológiai szemlélet és számítások bevezetését, amelyekkel az adatszolgáltatás megbízhatóságát a minőségi tartományból a mennyiségi tartományba emeljük át. Csak a fogalomtisztogatás és a világos teljesítőképeség kijelölése után lehet dönteni a műszerfejlesztés sorsáról.

Ha a módszertani alapokat és a hazai alkalmazási körülményeket minden részletében ismerjük, először válaszolni kell a „vásárlás, vagy hazai fejlesztés” kérdésre. A vásárlás — ami itt importot jelent — előnye, hogy garantált működésű, azonnal üzembe állítható műszert kapunk alkalmazási útmutatóval. Ezen az úton alkalom nyílik bővebb művelődésre, ha

a vételt az eladó betanítással egészíti ki. Egyetlen hátránya lehet, a viszonylagos magas ár. A hazai fejlesztés előnye a hazai munkaerő foglalkoztatása és az anyagfelhasználásban kb. 50% deviza-megtakarítás. Hátrányai az alacsonyabb műszaki színvonal — ami különösen magas előállítási árral ellene hat az esetleges exportnak — és a hosszú fejlesztési idő. Az ezt követő, az ipar felszerelésére történő gyártás egy-két tuatos hazai rendelést remélhet, ezért a hazai műszerfejlesztés és -gyártás programjában kötelezően beletartozik az export nézőpont.

Ha sikerül néhány műszerfejlesztést itthon művelni, akkor egyfelől a megbízások, másfelől a vállalások jellegén változtatni kell. Mindenekelőtt figyelembe kell venni a fokozatos fejlesztés elvét, mivel sok megbízás teljes alkalmazási segédlettel azonnal végleges kivitelű műszert kíván. Ez a felhasználó oldaláról érthető türelmetlenség gyakran jár együtt alacsony pénzügyi kerettel. Ezek következtében rövidülnek a tervezési, modellezési és bemérési fázisok, silányabbá válnak a geofizikai használati utasítások. Túl ezeken a befolyásolható $K + F$ vezetési és anyagi feltételeken, szakmai presztizsből, vagy egyéni érdekekből a hazai intézmények és vállalatok között hiányolható a nyílt és őszinte együttműködés.

Befejezésül a magasabbrendű geofizikai vizsgálatokba vetett hitemből azt a reményt szeretném kifejezni, hogy szakítván a „műszer-centrikus” szemlélettel, az igazabb „szolgáltatás-centrikus” magatartással eredményes munkára vagyunk képesek.

IRODALOM

- [1] Sydenham, P. H.: Measurements, instrumentation and control from a geophysical viewpoint, *Measurement and Control* 6 265—269 (1973)
- [2] Neimast, G. S.—Knox, C. C.: Normalization of well log data, *Trans. SPWLA, II* 18—26 (1973)
- [3] Threadgold, P.: Some problems and uncertainties in log interpretation, *The Log Analyst* 13 3—11 (1972)
- [4] Meszensznik, Ja. Z.—Babuskin, L. I.: Pakazteli nadezsnosztii kabelej dlja geofiziceszkih rabot, *Geofiziceszskaja Apparatura*, 54 120—128 (1974)
- [5] Recommended practice for standard calibration and form for nuclear logs, *American Petroleum Institute, API RP 33*, 1963
- [6] Moffat, R. J.: The measurement chain and validation of experimental measurements, *Measurement and Instrumentation, Vol. I. Akadémiai kiadó*, 1974
- [7] System Catalog, Terms and Conditions, *Dresser Atlas*, 1973
- [8] Szénás Gy.: A szeizmikus módszer kifejlődésének és alkalmazásának egyes kérdései, *Geofizikai Közlemények* 8 255—278 (1960)
- [9] Barlai Z.: Homokkötőárók karotázsértelmezésének új elmélete és gyakorlata 2. r., *Kőolaj és Földgáz* 7 74—81 (1974)
- [10] Jesch A.: A fúrás és szelvényezés aktív és passzív kapcsolatai, *Kőolaj és Földgáz* 8 262—263 (1975)

WELL-LOGGING IN GEOLOGICAL PROSPECTING

(Salamon Batur)

The application of well-logging having a past of 50 years has spread rapidly. 57 solutions, designs, worth mentioning have been worked out so far in the world; they are included in the table. To improve the quality of methods and instruments, it is timely to introduce

the traditional way of thinking in measuring techniques. By the help of this, first of all, error analysis should be performed, in order to determine accuracy and reliability of measuring data and interpreting them. The criticism of the technical and economic aspects of the effort for instrument developments, which are remarkable in Hungary too, may raise the level of further activities.