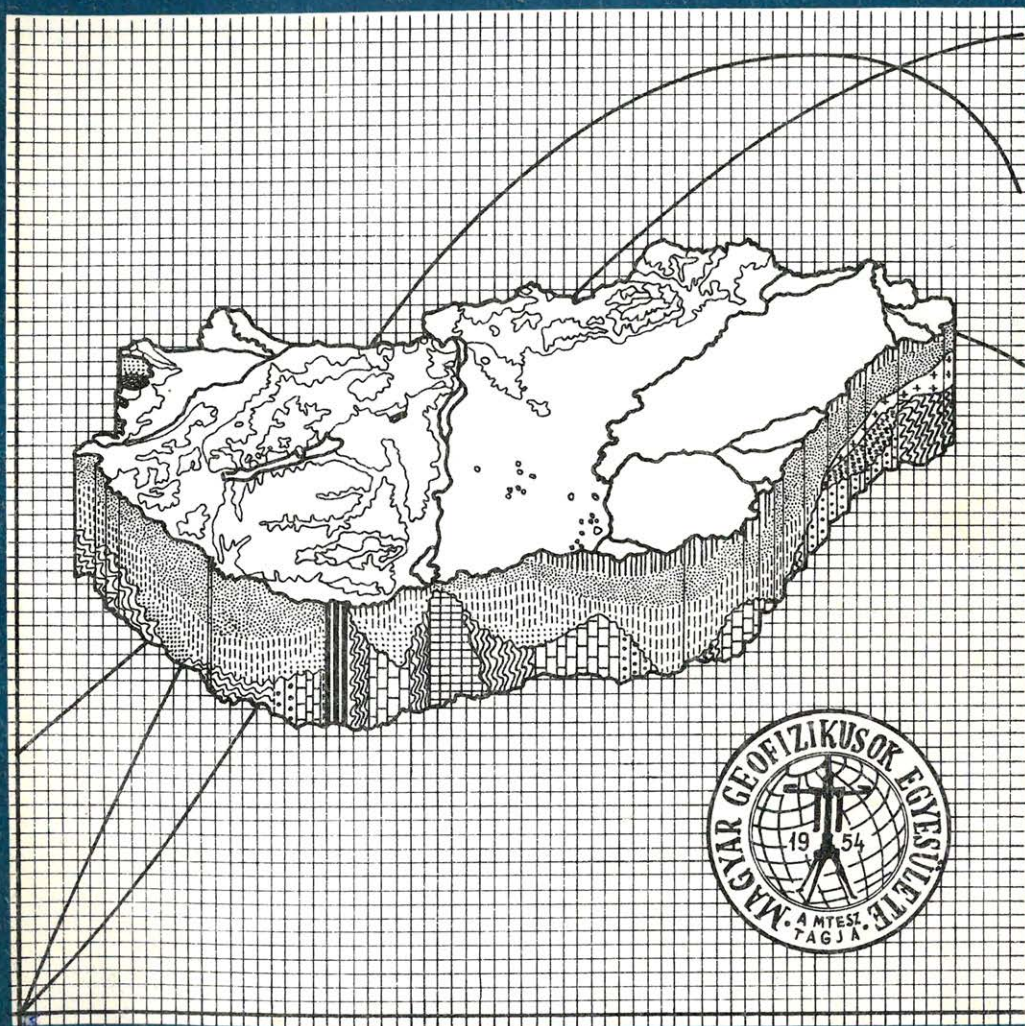


MAGYAR 1 GEOFIZIKA



A MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE FOLYÓIRATA
BUDAPEST, 1984. XXV. ÉVFOLYAM, 1. SZÁM

TARTALOMJEGYZÉK

<i>Tóth J.</i> : Az akusztikus cementlog komplex kiértékelése	1
<i>Deres J., Kánnár T.</i> : Depresszió mellett végzett rétegmegnyitás földtani-műszaki-gazdasági elemzése	12
<i>Tóth J.</i> : CO ₂ besajtolás ellenőrzése termelési kútszelvényezéssel	16
<i>Formánné Gulyás Cs., Karas Gy-né., Nagy Z., Péterfai B., Szalóki I., Zimányi I.</i> : Kísérletek a frekvenciaszondázások felhasználására üledékes formációk finomszerkezetének vizsgálatánál	23
<i>Szarka L.</i> : Bauxittest elektromosellenállás mérésének analóg modellezése	34
Könyvismertetés	11
Egyesületi hírek	40

Főszerkesztő: Zelei András

Szerkesztő bizottság: Deres János, Kilényi Éva, Meskó Attila, Rádlér Béla, Verő József

Szerkesztőség címe: 1368 Budapest VI., Anker köz 1., félemelet 17. Postafiók 240.

Az akusztikus cementlog komplex kiértékelése

TÓTH JÓZSEF*

A cementlog mérések információtartalmának jobb kinyerése érdekében olyan szelvényezési eljárás került bevezetésre, amely háromparaméteres cementlog szelvény, akusztikus hullámkép és mikrosezisogram felvételéből áll. A cikk – áttekinthető jelleggel – ezen mérések kiértékelésével foglalkozik.

С целью увеличения и улучшения информационных данных цементкаротажа был введен метод, состоящий из трёхпараметровой кривой цементкаротажа, акустической волновой картины и микросейсмограммы. Статья – обзорным характером – занимается интерпретацией этих измерений.

In order to obtain more information from the cement bond logs, a new logging combination has been introduced involving a three-parameter cement bond log, an acoustic wave record and a microseismogram. This paper gives a short survey on the evaluation of these logs.

1. Bevezetés

A béléscső mögötti cementpalást minőségének ellenőrzésére az akusztikus cementlog (CEBL) méréseket használják. Már a módszer bevezetésének kezdetén törekvésként jelentkezett a szonda vevőjéről felszínre érkező akusztikus jelben hordozott információk mind szélesebb körének kinyerése. Ennek érdekében különböző szelvényezési eljárásokat alkalmaznak.

A nagy nyugati szelvényező társaságok (Schlumberger, Dresser Atlas, . . .) gyakorlatában két szelvény (egyik általában amplitúdó csillapodás) felvételét végzik, az oszcilloszkópra vitt akusztikus jel szinkron fényképezése mellett. A hazai gyakorlatban a háromparaméteres cementlogmérés (három jól definiálható paraméter szelvényezése) terjedt el.

1982-ben megbízást kaptunk a Kőolajkutató Vállalat által Görögországban, a Public Power Corporation cég számára geotermikus energia hasznosítása céljából mélyített kutak cementlog méréseire.

A feladat jellege – kis akusztikus terjedési idejű vulkáni kőzetbe mélyített felszínig cementezett kutak, helyszíni szelvényértékelés, a cementpalásttal szemben támasztott különleges követelmények – és a megrendelő igényei is megkívánták a háromparaméteres cementlognál több információt adó eljárás alkalmazását. Ennek legkézenfekvőbb módjaként adódott a háromparaméteres cementlog szelvény és a szkóp felvételek – mégpedig ezek mindkét elterjedt típusának – egyidejű alkalmazása.

A gyakorlati felhasználáshoz a technikai megvalósításon túlmenően szükség volt ezen mérések interpretációs alapelveinek összegzésére is.

2. A cementlogmérés és kiértékelés alapjai

A cementlogmérés mint akusztikus mérés lényegében egy periodikus gerjesztésű adó által létrehozott és a környező közegben terjedő rugalmas hullámoknak az adótól L távolságra elhelyezett vevőn való detektálását jelenti. A vevőbe

* Kőolajkutató Vállalat, Szolnok

érkező jel egy összegzett jel, amely a gerjesztés hatására generálódott, az adó-vevő távolságon egyidejűleg, egymástól függetlenül terjedő különböző típusú, eltérő terjedési sebességű hullámok interferenciájaként jön létre. A mérés szempontjából kitüntetett szerepe a longitudinális hullámoknak van, mivel ezek a legnagyobb sebességű és a mérési körülmények mellett (folyadékkal feltöltött fúrólyuk) a legjobb terjedési feltételekkel rendelkező hullámok. Ugyanakkor a vizsgált időintervallumon belül várható a transzverzális hullámokkal kapcsolatos longitudinális, a különböző felületi és az adó-vevő közötti folyadékban terjedő direkt hullámok beérkezése is.

A cementlogméréseknél az adó-vevő távolság, a gerjesztett hullámfrekvencia spektruma és energiája állandónak tekinthető.

Ez alapján a vevőbe érkező hullámok energiájának (amplitúdójának), terjedési sebességének, frekvenciájának változása a hullámterjedés feltételeinek megváltozásával hozható kapcsolatba.

2.1. Béléscsővezetett fúrásban a longitudinális hullám terjedését befolyásoló tényezők

2.1.1. Hullámterjedés szabad csőben

Az acél béléscsőben a longitudinális hullám terjedési sebessége 5400 m/s. A hullám csillapodására érvényes összefüggés:

$$A = A_0 \cdot e^{-\alpha \cdot L}$$

ahol: A_0 a kezdeti intenzitás; α a közegre jellemző elnyelési együttható, L a megtett út.

A cső elnyelése együtthatója (α) a különböző típusú béléscsőveknél nem azonos, a csőátmérő és ennek megfelelően a csőfalvastagság növekedésével a longitudinális hullám jobban csillapodik.

Ezek a változások azonban nem nagyok (pl. 127 mm-től 203 mm-ig terjedő átmérőváltozásnál $\alpha = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^{-1}$ -ről $3,8 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^{-1}$ -re nő).

Az elnyelési együttható értéke egy adott átmérőjű béléscsőoszlopban állandónak tekinthető, ugyanakkor a falvastagság-növekedés miatt csillapodás a béléscsőkarbantartóknál jelentkezik.

Ennél lényegesen nagyobb csillapító hatást gyakorol a béléscsővel szoros kapcsolatban levő cementgyűrű.

2.1.2. A cementgyűrű hatása

Az akusztikus cementellenőrzés azon az elven alapszik, hogy a béléscső által továbbított hullám csillapodása nagymértékben nő, ha a béléscsőhöz valamilyen kemény anyagból, pl. cementből levő külső gyűrű tapad, melyben a hullámterjedési sebessége lényegesen kisebb, mint a csőben. Ebben az esetben fejhullámok keletkeznek, melyek fenntartása jelentős energiát igényel. A rugalmas hullámok béléscsőben való terjedése a béléscsőfal „mozgását” eredményezi. Minden olyan szilárd anyag, amely a béléscsővel szoros kapcsolatban van, részt vesz a mozgásban. Mivel ezekben a terjedési sebesség kisebb mint a csőben, a mozgást csak a cementre irányuló folyamatos energiaátvitel továbbíthatja. Ezáltal a jel gyengül. A csillapodási együttható értéke kb. 15–16-szor nagyobb, mint szabad csőben, emiatt a szabad és a jól cementezett cső határán az amplitúdó nagymértékben csökken. Amennyiben a cement jól köt a kőzethez is, akkor a kőzetre is energia adódik át.

2.1.3. A cementgyűrű vastagságának hatása

Modellezés alapján kimutatható [3], hogy már néhány mm vastagságú cementgyűrű jelentős csőhullám csillapodáshoz vezet, 10–15 mm vastagságú cementgyűrű csillapító hatása már közel van a szélső értékhez, további növekedése alig mérhető hatású.

2.1.4. A cement kötési folyamatának hatása

A cement kötése időben elhúzódó folyamat, melyet több tényező befolyásol, így pl. a cement minősége, mennyisége, a bekevert adalék anyagok, hőmérséklet, nyomás stb. A kísérletek és a gyakorlati tapasztalatok alapján kb. 36–48 óra után következik be olyan kötési állapot, ami után a hullám csillapítást a kötési folyamat lényegesen nem befolyásolja.

2.1.5. Az adó-vevő távolság hatása

A cementezett csőszakaszról kapott adatok részletes differenciálása érdekében célszerű az adó-vevő távolságot minél nagyobbra választani, mivel így az eltérő feltételek között terjedő longitudinális hullámok beérkezési időkülönbsége nő. Ugyanakkor a nagyobb út miatt a hullám energiája csökken, a mérés jobban átlagol, mivel a kimutatható inhomogenitások egyenlők vagy nagyobbak a szondahossznál.

2.1.6. A cementpalást sérüléseinek hatása

A cementpalást különböző hibái hatással vannak a csőhullám csillapodására. A hibák a következő fő csoportokba sorolhatók:

a) A cementgyűrű és a béléső kötésének hiánya.

A cement-cső kötés hiánya vagy sérülése a köztük levő nyírási kapcsolat hiányát, illetve elégtelenségét jelenti. Ennek oka lehet a cementgyűrű és a cső közötti idegen anyaggal kitöltött rés (ún. mikroannulus), a béléső zsiros felülete, stb.

Ebben az esetben a csőhullám amplitúdója alig csillapodik, (bármilyen adó-vevő távolság esetén is), de értéke 20–30%-kal alacsonyabb, mint szabad csőben. Hasonló amplitúdó csillapodás jelentkezik rossz minőségű (nem záró) porózus cement esetén.

A béléső-cement kötés hiánya nem jelenti a cement-közet kötés hiányát. Jó cement-közet kötés esetén, kedvező körülmények között, rétegjelek beérkezése is várható.

b) Függőleges csatornák:

A csőhullám amplitúdója maximális szabad csőben és minimális tömör cementgyűrű esetén, a cement és a cső közötti nyírási kapcsolatot feltételezve.

A csatornázottság két szélső érték közötti amplitúdót eredményez.

A cementpalást csatornáját, amely körgyűrűcikk-ként modellezhető, a szonda a geometriai méreteinek megfelelő β szög alatt látja. A csatorna hatása a csillapodásra ettől a szögtől függ. Kísérletek alapján [3] 8' hosszú kételemes szonda esetén 45° alatt „látható” csatornák mutathatók ki. Az adó-vevő távolság csökkentésével a kisebb hibák észlelésének lehetősége megnő.

A csatornázottság ellenére, ha egyébként a cementeső és a cementközet kötés jó, várható az erős rétegjelek beérkezése.

c) A cementgyűrű folytonossági hiányai.

A cementgyűrű folytonossági hiánya a cementezett és cementhiányos szakaszok változását jelenti. Minél nagyobb a cementgyűrű hiányos szakasz hossza, annál nagyobb vele szemben a longitudinális hullám amplitúdója. Az amplitúdó akkor éri el a szabad csőnek megfelelő maximális értéket, ha a szakasz hossza egyenlő vagy nagyobb, mint a szondahossz.

2.2. A kőzetben terjedő hullámok

A bélésű és a cementgyűrű vastagsága véges méretű és nagyságrenddel kisebb a longitudinális hullám hullámhosszánál. Ez lehetőséget biztosít a kőzetben terjedő hullám regisztrálására, amennyiben a cement-cső és a cement-kőzet között van nyírási kapcsolat.

A kőzetben terjedő longitudinális hullám terjedési ideje általános esetben különbözik a csőhullám terjedési idejétől. Amplitúdója magas, de nem éri el a szabad csőben terjedő hullám amplitúdóját.

Mivel α elnyelési együttható a frekvencia négyzetével arányos, a magasabb frekvenciájú rezgések sokkal gyorsabban nyelődnek el, mint az alacsonyabb frekvenciájúak. Emiatt a kőzetjel frekvenciája a csőjeltől eltérő és változó karakterű.

3. A háromparaméteres cementlog

A bélésű-cement és a cement-kőzet kötés meghatározásához minimálisan három paraméter szükséges. Ezek:

- | | |
|---|---------|
| – A bélésűben terjedő hullám amplitúdója | – AACCS |
| – A kőzetben terjedő hullám amplitúdója | – AABU |
| – A kőzetben terjedő hullám terjedési ideje | – ATBU. |

(A csőben terjedő hullám terjedési ideje – ATCS – az adott bélésű oszlopban állandónak tekinthető.)

Technikailag a következő paraméterek meghatározására van lehetőség:

- A bélésűben terjedő longitudinális hullám (csőhullám) amplitúdója (100 μ sec széles időkapuban, az első beérkezéstől kezdve). Jele: AACCS
- Az első „biztosan beérkező” longitudinális hullám amplitúdója. (Ez az a diszkriminációs szintet meghaladó hullámamplitúdó, melyet AACCS-hoz hasonlóan mérnek azzal a különbséggel, hogy az időkapu nyitása az időcsatorna működése után következik be és az adás pillanatától számítva nem marad állandó, követése automatikus.) Jele: AABU.
- Az első „biztosan beérkező” longitudinális hullám terjedési ideje. (Az AABU-val jelölt hullám terjedési ideje az adás pillanatától a diszkriminációs szintet meghaladó első hullám beérkezéséig.) Jele: ATCS.

3.1. A háromparaméteres cementlogmérések interpretációja

3.1.1. A bélésű cement-kötés értékelése

A szelvények nevezetes vonalai a következők:

- a csőhullám amplitúdójának maximális értéke (AACCS = 100%);
- a csőhullám terjedési ideje (ATCS);
- a csőhullám amplitúdójának „nulla vonala” (AACCS = 0).

Szabad csőben az amplitúdó és időgörbéken megjelennek a karmantyújelek. A két amplitúdó görbe párhuzamos lefutású amiatt, hogy a csőhullám az első biztosan beérkező és legnagyobb amplitúdójú hullám. Az AACCS = 100% és ATCS kijelölése a szabad csőszakaszon történik.

A bélésű-cement kötés meghatározása – a cementezetlen szakaszon az amplitúdót 100%-nak véve – a csőhullám csillapodása alapján:

- a 80 – 100% közé eső részen *nincs kötés* (értéke 0,0);
- a 40 – 80% közé eső részen *rossz a kötés* (értéke 0,2);
- a 15 – 40% közé eső részen *közepes a kötés* (értéke 0,6);
- a 0 – 15% közé eső részen *jó a kötés* (értéke 0,85);
- a 0%-nak vehető részen *kitűnő a kötés* (értéke 1,0).

A csőamplitúdó értékelését megerősítheti az időgörbe (ATΣ) értékelése.

A cement bélésű kötés jellegzetes pontja az ún. „*első tapadás*”. Ez a legfelső pont, ahol a csőamplitúdó a szabad cső szintről jelentősen csökken. Közeli-tőleg az „*első tapadás*” a cementpalást tetővel van kapcsolatban. (Ha a cement nem köt a csőhöz, akkor a cementpalást tető és az „*első tapadás*” jelentősen eltérhetnek egymástól.)

3.1.2. A cement-kőzet kötés kiértékelése

A háromparaméteres cementlog szelvény a cement-kőzet kötés akkor vizsgálható, ha a bélésű-cement kötés jó vagy kitűnő. (Ez a korlátozás a szelvényfelvétellel technikai megvalósításából is adódik.)

- Ha AT eltér ATCS értékétől – és ha nyitott lyukban a kőzetbeni akusztikus terjedési idő (ATL) szelvényt regisztrálják – a kőzetben terjedő hullám AABUamplitúdójának kis értéke a cement-kőzet tapadás rossz minőségének jele.
- Ha a fúrás bélésű-cement és bélésű-cementtel állapított állapotában felvett szelvényeken a terjedési idő jellege (esetleg értéke is) megegyezik, akkor ez a cementnek a bélésű-cementtel és a kőzettel való jó kötését jelenti. (ATL szelvény hiányában a korrelációhoz más, pl. ellenállás szelvények is felhasználhatók.) Az értelmezési eljárást összefoglalóan az 1. táblázat tartalmazza.

4. Az akusztikus szkóp felvételek

Az oszcilloszkópra vitt jel fényképezése lehetővé teszi a teljes akusztikus jel rögzítését. A gyakorlatban a szkóp felvételeknek két típusát alkalmazzuk:

a) Hullámkép

A hullámkép az akusztikus jel amplitúdó-idő karakterisztikájának felvétele. Ezek a felvételek diszkrét, meghatározott mélység vagy időközönként készülnek.

b) Mikroszeizmogram (vagy változó sűrűségű szelvény – VDL Schlumberger elnevezés).

A mikroszeizmogram a hullámképnek olyan ábrázolása, amely folyamatos, szelvényyszerű regisztrálást tesz lehetővé. Előállítására hullámképből történik, az

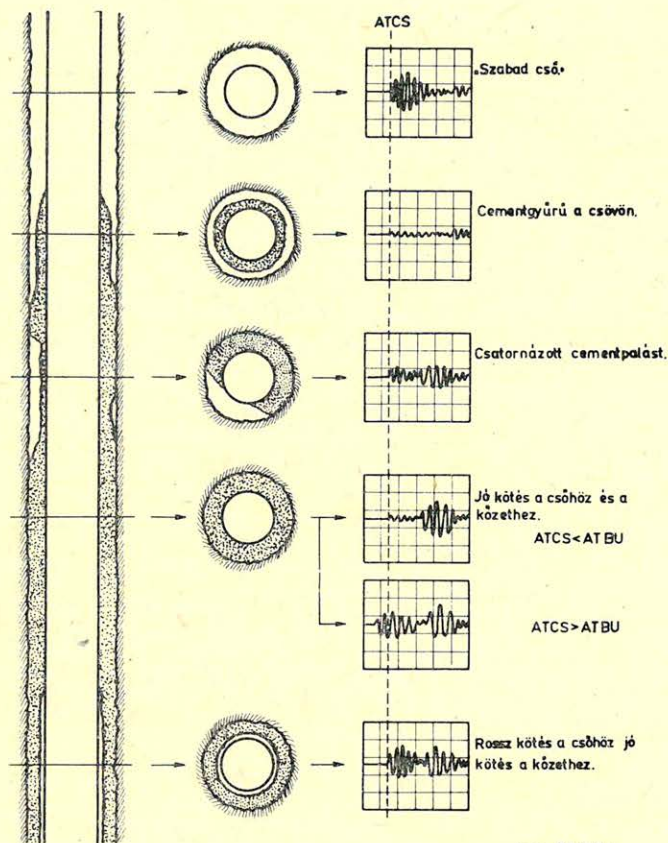
A háromparaméteres cementlognmértékek kiértékelése
 Интерпретация результатов цементкарогажа
 Evaluation of three-parameter cement bond logs

AABU	Értéke		AACCS	A közet jellemzése ATL alapján	A kiértékelés eredménye
	ATΣ	ATΣ			
Nulla (= 0)	Nagy, közel van a fűró- iszapban terjedő hullám terjedési idejéhez.	Nulla (= 0)	A közet jól elnyeli az akusztikus hullámokat.	Jó cementkötés a csőhöz, nem ismert a kőzethez.	
Nulla (= 0)	Nagy, közel van a fűró- iszapban terjedő hullám terjedési idejéhez.	Nulla (= 0)	A közet gyengén nyeli az akusztikus hullámokat.	Jó cementkötés a csőhöz, rossz kötés vagy a kötés hiánya a kőzethez.	
Az ATL-lel és az ellenállás görbékkel korrelálható.	Korrelálható az ATL-lel vagy az ellenállás gör- béekkel.	Nulla (= 0)	A kőzetben nagyobb a terje- jedési idő, mint a bélés- csőben.	Jó cementkötés a bélésőshöz és a kőzethez.	
Az ATL-lel és az ellenállás görbékkel korrelálható.	ATΣ < ATCS	Eltér a nullától (≠ 0)	A kőzetben kisebb a terje- dedési idő, mint a bélés- csőben.	Jó cementkötés a bélésőshöz és a kőzethez.	
Az ATL-lel és az ellenállás görbékkel nem korrelálható.	Az ATL-lel és az ellenállás görbékkel nehezen korrelálható.	Nulla (= 0)	A kőzetben nagyobb a terje- dedési idő, mint a bélés- csőben.	Jó cementkötés a béléső- höz, rossz kötés a kőzethez.	
Az ATL-lel és az ellenállás görbékkel nem korrelálható.	Az ATL-lel és az ellenállás görbékkel nehezen korrelálható.	Nulla (= 0)	A kőzetben kisebb a terje- dedési idő, mint a bélés- csőben.	Jó cementkötés a béléső- höz, rossz (szakaszos) kötés a kőzethez.	

X-Z síkba forgatott pozitív félhullám X-Y síkon való fényképezésével. A filmen a pozitív amplitúdónak egy fénycsík, a negatívnak üres hely felel meg. A fénycsíkok távolsága a jel frekvenciáját, a fényintenzitás az amplitúdót tükrözi.

4.1. A szkóp felvételek kiértékelése

Az oszcilloszkópról készült felvételek kiértékelése a 2. pontban leírtak felhasználásával történhet. A különböző kötéstípusokhoz jellegzetes hullámkép tartozik, melyek közül néhányat az 1. ábra szemléltet.



Geo 83/17-1

1. ábra. Akusztikus hullámképek béléscsővezet kútban különböző minőségű cementpalást esetén

Рис. 1. Акустические волновые картины в обсаженной скважине в случаях различного качества цементного кольца

Fig. 1. Acoustic waveforms logged in cased holes with different quality of cement sheath

4.1.1. A hullámkép kiértékelése

a) Szabad cső

Szabad csőben a hullám a cső terjedési idejének megfelelő időben, maximális amplitúdóval érkezik. A hullámkép jellegzetessége, hogy az amplitúdó néhány periódus után fokozatosan csökken. A regisztrátum végén a csőhullámnál jóval kisebb amplitúdójú direkt hullámok érkezőnek be. (Ez mindegyik esetben érvényes).

b) Karmantyú

Szabad csőben a karmantyújel a szabad-cső jelhez hasonló lefutású. Különbőség, hogy az első beérkezés a cső terjedési idejénél kicsit később történik, a maximális amplitúdó pedig 20%-kal kisebb.

c) Cement-béléscső kötés (cementgyűrű a csövön)

Jó cement-béléscső kötés esetén, amennyiben nincs cement-közet kötés, a csőhullám erősen csillapodik, amplitúdója a nulla szintnél alig magasabb. Réteggel beérkezés nincs, a regisztrátum végén a csőjelnél magasabb amplitúdóval csak a direkt hullámok jelentkeznek. (Vékony cementgyűrű esetén a csőhullámok kevésbé csillapodnak).

d) Jó cement-cső és cement-réteg kötés

Ebben az esetben a csőjel erősen csillapodott, amplitúdója nulla körüli. A réteggel beérkezése nagy amplitúdóval várható. Általános esetben az akusztikus hullám terjedési sebessége a rétegben nagyobb vagy kisebb, mint a csőben, így a beérkezési időkülönbség alapján jól azonosítható.

Abban az esetben, ha a közet- és a csőhullám sebessége közel egyező, a két jel között interferencia következik be. Ez a csőjel erős csillapodása miatt esetenként nem észrevehető. Ilyen esetekben a jel frekvenciája alapján célszerű tájékozódni, mivel az elnyelési együtthatók közötti különbségek miatt a cső- és réteglejek frekvenciája eltérő.

Nagy akusztikus terjedési sebességű rétegeknél a vizsgált időintervallumon belül, a longitudinális hullámokon túl a rétegben terjedő transzverzális hullámokkal és felületi hullámokkal kapcsolatos beérkezések is várhatók. Ezek amplitúdója általában magasabb a longitudinális hullám amplitúdójánál.

Minden esetben célszerű az adott hullámkép és a szabad csőben kapott hullámkép összehasonlítása.

e) Rossz cement-cső kötés, jó cement-réteg kötés:

Ilyen esetben a csőhullám amplitúdója gyakorlatilag alig csillapodik (70 – 80 %-os amplitúdó), ugyanakkor megjelenik egy relatíve erős közetjel is.

A két jel között interferencia következik be, ez általában (alacsony sebességű közet) a hullámkép közepén észlelhető. Az interferencia kioltó és erősítő hatású egyaránt lehet, a jelek fázisától függően.

Az interpretációban segítséget nyújthat a jelek frekvenciájának vizsgálata.

f) Részleges kötés (csatornázott cementpalást).

Csatornázott cementpalást esetén, ha a cement a réteghez és a csőhöz is köt, a hullámkép jellegében hasonló az előző esethez.

Különbség a csőhullám amplitúdójában van, ez jobban csillapodik, mint a cement-cső kötés hiánya esetén, értéke a jó kötés és a kötésihiány között van. A csatornázottság mértékének a függvényében a rétegjel amplitúdója is változik, de jelenléte azonosítható. A rétegjel beérkezése ez esetben a jó cement-közet kötésre utal.

4.1.2. A mikroszeizmogram kiértékelése

A kiértékelés — mivel itt tulajdonképpen ugyanannak a hullámképnek egy más típusú ábrázolásáról van szó — a 4.1.1. ponttal egyező.

A folyamatos — szelvénytípusú regisztrálás miatt a különböző hullámok követése egyszerűbb. Az értékelésnél a következőkre kell figyelemmel lenni.

a) Szabad cső

Szabad csőben a jel egymással párhuzamos sötét és fehér csíkok sorozata, melyek szélessége és távolsága közel állandó. Az első sötét csík a csőhullám beérkezési idejénél jelenik meg. Bármilyen esetben — kivéve a nagy sebességű rétegeket — a csőhullám beérkezési idejénél megjelenő sötét csík a cement-cső kötés valamilyen hibájára utal.

b) Karmantyú jel

Szabad csőben a karmantyúk igen jellegzetes „W” formátummal jelentkeznek. Ennek oka az energiának a csővégen történő szóródása. A jel szélessége az adó-vevő távolsággal egyező.

A karmantyújel beérkezése a cement-bélésű kötés hibáját jelzi.

Meglétének vagy hiányának nagy jelentősége van a nagy, vagy a csővel közel azonos akusztikus terjedési sebességű közeteknél a cement-cső kötés elbírálásakor.

c) Rétegjelek

A közetjelek beérkezése szabad-cső jellel együtt (rossz cement-cső kötés), illetve önmagukban (jó cement-cső kötés) várható. Jellemzőjük, hogy beérkezési idejük és karakterük változó, ezáltal a csőhullámtól egyértelműen elkülöníthetők.

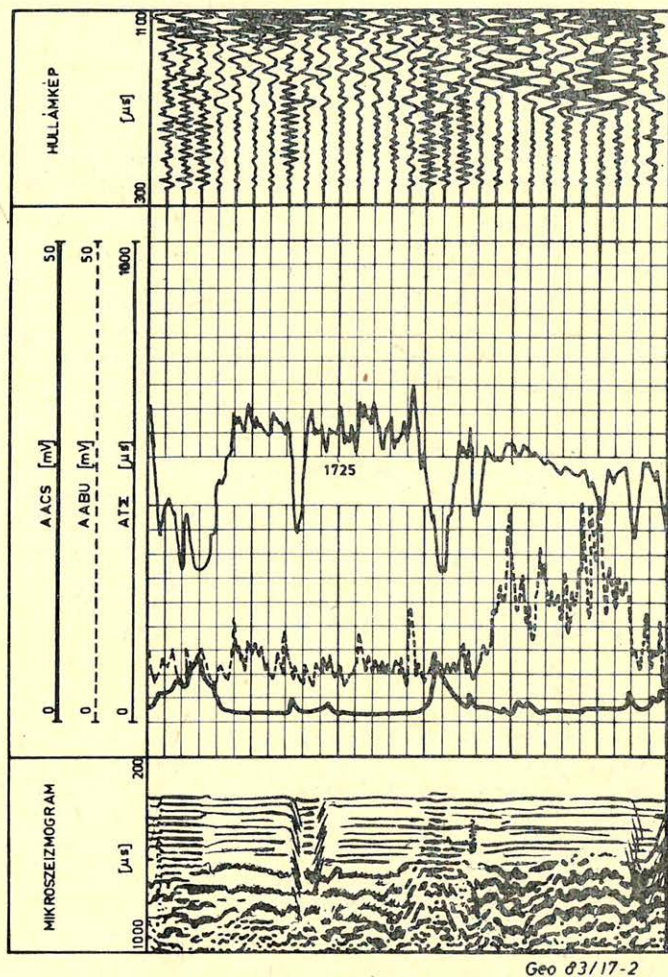
A tiszta közetjel frekvenciája eltér a tiszta szabad cső jel frekvenciájától. Rossz cement-cső kötés esetén, amikor szabad cső- és közetjelek is megjelennek, a vonalsűrűség nő, különösen akkor, ha a rétegben és a csőben terjedő hullámok közötti sebesség különbség kicsi.

5. Következtetések

A háromparaméteres cementlog és a szkóp felvételek együttes alkalmazása (2. ábra) nagymértékben növeli a cementlogmérések által a kutak cementpalástjának állapotáról kapott információkat. Ezt a következők támasztják alá:

- Lehetőség van a cement közet kötés meghatározására rossz bélésű-cement kötés és csatornázott cementpalást esetén is. A háromparaméteres cementlog felhasználása az interpretációban ilyen esetekben korlátozott.
- Egyértelműen kiértékelhető a cement-közet és cement cső kötés kis, vagy a bélésű-csőhöz közeli értékű akusztikus terjedési idejű közetek esetén.
- A cement-közet kötés kiértékeléséhez a nyitott lyukban felvett akusztikus terjedési idő és ellenállás szelvényekhez való korreláció nem szükséges.

- d) Lényegesen „finomítható” az interpretáció, a kötés minőségén túl a cementpalást hiba jellege is meghatározható.
- e) Részben kiküszöböli a cementlogméréseknél a kapuk rossz beállítása miatti információvesztéseket.



2. ábra. Háromparaméteres cementlog, akusztikus hullámkép és mikroszeizmogram együttes felvétele (GKK – I. sz. kút, részlet)

Рис. 2. Совместная запись трёхпараметрового цементлога, акустической волновой картины и микросейсмограммы (часть записи в скважине ГКК – I)

Fig. 2. A combined record of a three – parameter cement bond log, an acoustic waveform and a microseismogram. (Geophysical test well No. 1., section)

Bár a háromparaméteres cementlog, a hullámkép és a mikroszeizmogram önmagukban is alkalmasak bizonyos esetekben a feladat megoldására, együttes alkalmazásuk nem teszi túlhatározottá a cementpalást-minőség meghatározását. Az alkalmazott eljárás nemzetközi összehasonlításban is a legkorszerűbbek közé tartozik.

- [1] *Kiss Bertalan*: Az akusztikus szelvényezés alföldi alkalmazásának lehetőségei. Pályázati dolgozat. Kőolajkutató Vállalat, Szolnok, 1969.
- [2] *Kiss Bertalan*: A háromparaméteres cementlog és kiértékelése. AKC-2. Pályázati dolgozat. Kőolajkutató Vállalat, Szolnok, 1974.
- [3] *Gulin, J. A., Bernstein D. A., Prjamov P. A., Rjabov B. M.*: Olaj- és gázkutak cementezés minőségének meghatározása radioaktív és akusztikus módszerekkel. II. rész. Nyedra, Moszkva, 1971.
- [4] *Gearhart-Owen Ind. Inc.*: Summary of Cement Bond Logging Applications. Fort Worth, Texas.

Könyvismertetés

A földtani kutatások gazdaságtanának terminológiai kézikönyve

A Műszaki Könyvkiadó gondozásában 1983. szeptember hónapban jelent meg „A FÖLDTANI KUTATÁSOK GAZDASÁGTANÁNAK TERMINOLÓGIAI KÉZIKÖNYVE”.

A kézikönyv a KGST Földtani Együtműködési Állandó Bizottságának kezdeményezése és határozata alapján került összeállításra. A munka a műszaki-tudományos együttműködés keretében, a tagországok szakértőinek részvételével 1974-ben kezdődött el. A szerkesztési munkák során bebizonyosodott, hogy a gazdaságföldtani terminológiai értelmezésekben az országok között több, esetenként jelentős eltérés is mutatkozik. Ezeket az eltéréseket a munkában résztvevő szakértők és az orosz nyelvű kiadás végleges összeállítását végző szovjet, bolgár, német és lengyel szakemberek megpróbálták kiküszöbölni, illetve a minimumra csökkenteni, de sajnos nem minden esetben sikerrel. Ez a törekvés többek között a kézikönyvben szereplő szakfogalmak darabszámának mérsékléséhez is vezetett. Végeredményben 265 szakfogalmat tartalmazó és értelmező kézikönyv először orosz nyelven a Lengyel Népköztársaságban 1979-ben került kiadásra.

A Központi Földtani Hivatal a további műszaki-tudományos együttműködés elősegítése és a szakterminológia lehetséges egységesítése érdekében szükségesnek és indokoltnak tartotta, hogy a terminológiai kézikönyv magyar nyelvű változata is kiadásra kerüljön, tekintettel arra is, hogy a KGST Földtani Együtműködési Állandó Bizottsága az 1980-as évek elején napirendre tűzte a kézikönyv korszerűsítését, bővítését. A most megjelent kézikönyvben a szakfogalmak értelmezése megegyezik az orosz nyelven egyeztetett változattal és ugyancsak tartalmazza a szakfogalmak angol, bolgár, cseh, lengyel, mongol, német, orosz, román, spanyol és szlovák nyelvű fordításait, ill. szövedeteit is.

A Központi Földtani Hivatal a szakemberek széles körű bevonásával 1981-ben megkezdte a földtani kutatás hazai gyakorlatát tükröző általános értelmező kéziszótár kidolgozását. Ezzel a munkával előkívánja segíteni egyrészt a földtani szakterminológia mind teljesebb egységes használatát, másrészt a gazdaságföldtani terminológiai kézikönyvnek a KGST Földtani Együtműködési Állandó Bizottság keretében történő további sokoldalú korszerűsítését.

A most megjelent kézikönyv remélhetőleg segítséget nyújt a földtani kutatásban dolgozó szakemberek munkájához és hasznos segédeszköz lehet a szakfordítói tevékenységben is.

A földtani kutatások gazdaságtanának terminológiai kézikönyve (szerkesztő: Dr. Horn János és Káli Zoltán)

megrendelhető

a Magyar Állami Földtani Intézet Könyvtára (1143 Budapest, XIV., Népstadion út 14. sz.) címén 57,- Ft/db egységáron utánvétel szállítással, illetve a helyszínen (9³⁰–11³⁰ között) készpénz fizetés ellenében.

A kézikönyv szerkesztői

A depresszió mellett végzett rétegmegnyitás földtani — műszaki — gazdasági elemzése

DERES JÁNOS — KÁNNÁRTIBOR

A cikk összefoglalja a hagyományos rétegmegnyítást megelőző és az ilyen rétegmegnyitás során fellépő olyan körülményeket, amelyek a termelő réteg termelési viszonyait erősen befolyásoló kútközel zóna permeabilitásának leromlását okozzák.

Ismerteti a termelőcsövön keresztül történő rétegmegnyitás néhány előnyét.

В статье обобщаются явления, возникающие перед традиционным вскрытием пластов и во время их вскрытия, которые сильно влияют на призабойную зону скважин и приводят к ухудшению проницаемости пород.

В статье отмечается несколько преимуществ перфорации пласта через насосно-компрессорную трубу.

The paper analyses the conditions prevailing around the borehole before perforating and those created by performance of these jobs. These conditions are highly responsible for the deterioration of permeability in the neighborhood of borehole which, in turn, greatly influences the production rate of the paying zone.

The paper also refers to some benefits of the perforating jobs accomplished through tubing.

A mélyfúrás mélyítése során alkalmazott öblítőfolyadékok minden esetben tartalmaznak különböző szilárd anyagokat és vegyszereket. Ez az állapot nem szüntethető meg, a kellő recept szerint készített öblítőfolyadék a mélyfúrás le-mélyíthetőségének elemi feltétele. A fluidumtárolók átfúrásakor azonban ez az öblítő folyadék a réteg későbbi termelőképességére káros hatással van.

A károsodás megjelenési módja az, hogy erősen lecsökken a kút későbbi termelési viszonyait döntően befolyásoló, eredeti kútkörnyéki permeabilitás. A rétegtárosodást az öblítőfolyadéknak a rétegtartalommal és kőzettel való fizikai és kémiai kölcsönhatása eredményezi. Ehhez járulhat a cementezés során a kőzetbe nyomott cementtej kedvezőtlen hatása is.

A réteg vizsgálata, illetve termelésbeállítása céljából végzett *hagyományos* rétegmegnyításkor a mélyfúrást legalább a mélyítésekor alkalmazott sűrűségű öblítőfolyadékkal töltik fel és ennek a hidrosztatikai nyomása — műszaki-biztonsági okok miatt — minden esetben nagyobb a rétegnomásnál.

A perforáció létrejötté pillanatától a termelés valamilyen művi úton történő beindításáig a rétegnél csak a kútból a réteg irányában történő öblítőfolyadék-áramlás működik, és ez a már említett mechanizmus szerint egyrészt a rétegbe nyúló perforációs csatorna falain és a csatorna falából kiinduló mikrorepedések felületein átdiffundálva tovább növeli a kútkörnyéki elárasztást, másrészt a perforációs csatornában kiüledett szilárd anyagként rontja a beáramló réteglfluidum nyomásviszonyait. A réteg felé irányuló áramlás a perforációs csatorna öntisztulását — a jet perforálásnál visszamaradó fémtöredékek és kőzettörmelék-kimosását — is meggátolja.

Földtani-rezervoármechanikai szempontból tehát a fúrás mélyítése során kivédhetetlenül károsodott tároló, a *hagyományos rétegmegnyitás során* olyan mértékben tovább károsodhat (permeabilitása a kút környezetében oly mértékben csökkenhet), hogy közvetlenül nem lesz termelésbe állítható.

A rétegtkárosodás mértéke, *utólag*, (a hagyományos rétegmegnyitás után) *savazással* csökkenthető, de ez technikailag nehézkes, költséges és egyebek között a kút műszaki állapotát is rontja, mert csökkenti vagy megszünteti a cementpalást függőleges izolációját. Ez esetleg kútjavítást tesz szükségessé, ami a költségeken túl ugyancsak rétegtkárosító hatású.

Mindezek együttes eredményeként nem egyszer le kell mondani a telepek optimális termeltetési feltételeiről: csökkent kúthozammal, kedvezőtlen gáz-folyadék viszonytal és depresszióval, nagyobb víztartalommal kell a telepeket művelni. Ez csökkenti a kihazatalat, növeli a termelési költségeket. A rétegnomáznál nagyobb kútnomás mellett végzett perforáláskor keletkező akadályokat csak jelentős nyomáscsökkentéssel lehetne eltávolítani, de gyakori eset, hogy a kútnomás mérséklésekor a perforált réteg egyes — természetesen a legnagyobb permeabilitású — szakaszai termelni kezdenek.

Mivel a depresszió tovább nem növekszik, a még ki nem tisztult perforációs csatornák később sem vesznek részt a termelésben. Ez a „rosszul” megnyitott rétegszakaszok szénhidrogén vagyónának lefűződéséhez vezethet, a működő perforációkban létrejövő nagy áramlási sebesség viszont közetszemcséket sodorhat a kútba, azaz megnő a homokosodási hajlam. Fenti kedvezőtlen hatások a gáztárolóknál különösen élesen jelentkeznek.

Földtani szempontból tehát alapvető igény, hogy

- a fúrás mélyítése idején csökkenjen az elárasztás mértéke, (ez független a rétegmegnyitástól),
- ne jöjjön létre a kútból a rétegbe irányuló áramlás,
- a rétegből a kútba irányuló fluidum áramlási viszonyai (nyomás, sebesség, fajlagos mennyiség) optimálisak legyenek (optimális depresszió).

A hagyományos módon történő rétegmegnyításkor a kút műszaki biztonsága a *kitörésvédelem* szempontjából sem előnyös.

A magyarországi kitörések körülményeit vizsgálva megállapítható, hogy a kitörések zöme a szerszámmozgatások — ki- és beépítés — idejére esik, a fúrás- és lyukbefejezés időszakában egyaránt. A műveletek gyakoriságának csökkentésével a kitörések veszélye is mérséklődik.

A szerszámmozgatások alatt a kút két okból indulhat be:

- nem megfelelő iszapsűrűség
- lyuktöltés elmaradása miatt.

Annak ellenére, hogy a szabályzatok szigorúan előírják az alkalmazandó iszapsűrűséget és a kiépítések alatti lyuktöltések számát, bizonyos nehezen kiküszöbölhető emberi tényezők hatása miatt a veszélyhelyzetek száma az évek során emelkedik. Hagyományos rétegmegnyításkor szerszám (termelőcső) nincs a kútban, azt csak a rétegmegnyitás után építik be. A kitörés szempontjából különösen veszélyes rétegmegnyítási és azt követő beépítési időszak potenciális veszélyességét csak egyébként indokolatlanul magas öblítőfolyadék sűrűséggel csökkenthetnék. Ez viszont tovább rontja az elárasztási viszonyokat és — nem utolsósorban — az adalékanyag fokozott felhasználása növeli a költségeket.

A hagyományos rétegmegnyitás helyett alkalmazandó, *termelőcsövön keresztül történő rétegmegnyitás* esetén, a rétegmegnyitás időszakában, a rezervoármechanikai rétegtkárosodások kiküszöbölhetőek és a kitörésveszély is gyakorlatilag megszüntethető.

A tároló védelmét ilyenkor úgy biztosítják, hogy a kábelkitörés-gátló és lubrikátor-rendszer jelenléte miatt

- az egyébként is általában ismeretlen rétegyomásnak az öblítőfolyadék hidrosztatikus nyomásával történő ellensúlyozása nem szükséges,
- ezért szilárd anyag nélküli, tetszőleges sűrűségű, a tárolóval (fluidumával és mátrixával) jól hasonuló (víz, sósvíz, olaj, savas stb.) lyukfeltöltő folyadékot alkalmazhatnak,
- a fluidum optimális beáramlási viszonyait biztosító depressziót létesítenek az előző bekezdésben említett lyukfeltöltő folyadék nívójának súlyllesztésével vagy rányomás útján, így a rétegmegnyitás pillanatában a kút irányába történő áramlás jön létre.

Földtani-műszaki szempontból a termelőcsövön keresztül történő rétegmegnyitás további előnyei:

- lehetőség nyílik a hidrosztatikus alá csökkent rétegyomású tárolók szennyezésmentes megnyitására is,
- a megnyitás hatékonyságának javulása miatt kisebb fajlagos lövészsám alkalmazható. Ez lehetővé teszi a hatásosabb szelektív rétegkezelést a perforációtömítő golyók alkalmazásával,
- kutató fúrások rétegvizsgálatánál az ideális lyukfolyadék és depresszió alkalmazása miatt a rétegből azonnal meginduló beáramlás lehetővé teszi az „érintetlen réteg” tökéletes vizsgálatát egyebek között úgy, hogy módot ad a rétegyomás azonnali mérésére,
- az esetenként elkerülhetetlen rétegkezelés tömítő kútkiképzésénél is szennyezésmentes rétegmegnyitással végezhető el,
- kétszintes kútkiképzésnél a szerelvények beépítése után tetszőleges időben, akár évek múlva is lehetővé teszi az egyik szint rezervoármechanikai vagy termeléstechikai szempontból indokolt utólagos megnyitását.

A kitörés elleni nagyobb védelmet úgy biztosítja a termelőcsövön keresztül történő rétegmegnyitás, hogy

- a cementdugóval védett kút beépített termelőcsővel, tehát a veszélyes szerszámmozgatás (be- kiépítés) igénye nélkül, továbbá a lyukfeltöltő folyadék sűrűségére és a rendszeres lyuktöltésre érzéketlenül tudja várni a rétegmegnyitást,
- a kútfelszerelvények a rétegmegnyitás előtt felszerelhetők, így próbanyomásuk (zárásvizsgálatuk) – ellentétben a hagyományos rétegmegnyitással – egyáltalán elvégezhető, a kút biztonságát növeli.

A módszer alkalmazásának jelentős gazdasági előnyei is vannak. Ilyenek:

- Meggyorsítja a rétegvizsgálati munkákat. A hagyományos perforáláshoz képest elmaradó műveletek időszükséglete, általános esetben:

lyukfejszerelés	4, – ó
kiépítés	3,5 ó
beépítés	3,5 ó
lyukfejszerelés	4, – ó
Összesen:	15, – ó rétegvizsgálatonként.

- Feltárókutak esetében a gazdasági eredményeket lényegesen javítja, hogy a későbbi újra- vagy hozzáférő lyukbefejező- vagy kútjavító berendezés odaköltötése nélkül is elvégezhető.
- A rétegvizsgálatok és kútjavítások időszakában lényegesen csökken, a meddő vagy kis beáramlást adó rétegek vizsgálata esetén elmaradhat a kezelt öblítőfolyadék alkalmazása.

Így jelentősen kevesebb

- az iszapjavító anyagok felhasználása
- az iszapjavításra fordított idő
- A gázmezők feltárására fúrt kutak száma csökkenthető, mivel a kútkörnyéki permeabilitás javulása miatt a kutak kapacitása nő.

A módszer alkalmazásának főbb feltételei

A módszer olyan nagy hatékonyságú perforátorokat igényel, amelyek kis méretük lévén, a különböző méretű termelőcsöveken átbocsáthatók és elrobbantásuk során hordozószerkezetükkel együtt teljes mértékben megsemmisülnek, vagy a hordozószerkezet az elrobbantás után visszahúzható.

Igényli még a módszer a kellően nyomásálló kábelkötés-gátló és lubrikátorrendszer meglétét is.

Ugyanilyen nélkülözhetetlen a lubrikátoron keresztül alkalmazható karotázs kábel is.

Megfelelő perforátorok korábban csak az Egyesült Államokból voltak beszerezhetőek. Az 1980 – 81-ben korlátozott mértékben beszerezett perforátorokkal az egy lövésre eső fajlagos költség 25,23 US \$ volt. A magyar olajipar évente kb. 100 ezer perforátort használ fel.

Időközben hazánkban a Vegyi- és Robbanóanyagipari Felügyeletnél a kőolajipar kezdeményezésére intenzív műszaki fejlesztési munkák eredményeként megfelelő hatékonyságú, kis méretű, kellő nyomás- és hőállóságú perforátorokat (komplett robbantóláncot) hoztak létre. A választék növelése céljából, további robbantólánc-típusok fejlesztése folyamatban van.

Ennek során a legnagyobb jelentőséget a perforációs csatorna mélysége kapja, mivel az utóbbi évek kutatási eredményei kimutatták, hogy a rétegmegnyitás határfoka ugrásszerűen nő, ha a csatornák a fúrési és cementezési műveletek során károsodott, kisebb áteresztőképességű zónán túlnyúlnak, s az érintetlen rétegrészt is feltárják.

A perforátortöltetek átütőképességének fokozása méretük, vagyis a robbanóanyag tömegének csökkentésével egyidőben csak a kumulatív robbantás elméleti összefüggéseinek alapos tanulmányozása és új szerkezeti elemeket tartalmazó feltöltetek kidolgozása révén érhető el.

CO₂ besajtolás ellenőrzése termelési kútszelvényezéssel

TÓTH JÓZSEF

A szénhidrogén-bányászásban üzemi kísérletek folynak különböző kizozatalnövelő eljárásokkal. A kísérletek ellenőrzése a termelési kútszelvényezés alkalmazását igényli. A cikk a CO₂ – besajtolásnál végzett mérések eredményeit és problémáit ismerteti.

В настоящее время на нефтяных и газовых промыслах ведутся экспериментальные работы различными методами по увеличению отдачи пласта. Для контроля за опытами применяется эксплуатационный каротаж. В статье изложены результаты и проблемы геофизических измерений при нагнетании в скважины CO₂.

Different recovery enhancing methods are being tested in the Hungarian hydrocarbon producing industry. The control of these tests requires use of production well logging operations. This paper presents problems and results of measurements run in CO₂ injection wells.

1. Bevezetés

A kőolajtelepek művelésénél a földtani szénhidrogénkészletnek csak kisebb hányada termelhető ki a telep saját energiájával.

A kizozatali tényező növelése érdekében különböző eljárásokat (pl. vízbe sajtolás) alkalmaznak a telepek nyomásának fenntartására, illetve csökkenésének lassítására, de még a másodlagos eljárások alkalmazásával is jelentős szénhidrogénkészlet marad vissza a tárolóközetben. Hazánkban jelenleg üzemi kísérletek folynak harmadlagos termelési módszerekkel, melyek célja a tárolóközetben visszamaradt olaj egy részének gazdaságos kitermelése. Így pl. Demjénben föld alatti elégetéssel, a már kimerült zalai szénhidrogéntelepek esetében pedig CO₂ gáz besajtolásával foglalkoznak.

Egy-egy ilyen kísérlet költsége igen magas, lefolytatása és kézbentartása folyamatos ellenőrzést igényel, mivel csak így biztosítható az eredmények műszaki-gazdasági értékelése. A Kőolajkutató Vállalat Geofizikai Főosztálya 1980-ban kapott megbízást arra, hogy a budafai mezőben kezdődő CO₂ besajtolásnál kísérleti céllal termelési kútszelvényezéseket végezzen.

2. A kísérleti mérések feladatai

A mező művelési tervét a *KFV*, az *SZKFI* és az *OKGT* illetékes szakemberei készítették.

A terv szerint a kísérlet időtartama több év. Ezen belül a mező kútjaiba kb. 2,5 évig CO₂ gázt, ezután kb. ugyanilyen időtartamban vizet sajtolnak. A besajtolás egyidejűleg két telep több rétegszakaszába történik olyan módon, hogy a besajtoló kutak többségében mindkét telep több perforációval meg van nyitva.

A művelet egyik sarkalatos pontja a telepekben az egyenletes elárasztás és a szükséges CO₂ koncentráció biztosítása. A besajtolt fluidum ugyanis a telepek jó átteresztőképességű szakaszaiban gyorsan előrehalad így a besajtolás szabályozása nélkül az elárasztás nem lesz megfelelő.

A besajtolás szabályozásához szükséges:

- a kutakban megnyitott rétegek eredeti elnyelőképességének megismerése, és ez alapján

- a különböző rétegek elnyelőképességének befolyásolása (a rossz nyelő-képességű szakaszok áteresztőképességének javítása vagy a jobb nyelő-képességű szakaszok áteresztőképességének csökkentése) és ezután a be-avatkozás eredményének ellenőrzése.

A széndioxidos művelés megkezdése előtt olyan kísérletek elvégzése vált szükségessé, amelyek alapján kiválasztható a besajtolás szabályozásához szükséges legmegfelelőbb eljárás. A kísérleten belül a termelési kútszelvényezés kapta azt a feladatot, hogy a kutak besajtolási (elnyelési) profiljának meghatározásával információkat szolgáltatson a besajtolás szabályozására tett intézkedések eredményességéről.

3. A mérési technológia kidolgozása

A gázbesajtoló kutak besajtolási profiljának meghatározása az előzőekben vázolt feladat szerint elsősorban az összes megnyitott réteg és rétegszakasz által nyelt gázmennyiség pontos (kvantitatív) meghatározását igényli.

A feladat megoldásához a következő tényezőket kellett figyelembe vennünk:

- a kutak műszaki kiképzése;
- a besajtoló gáz hozzávetőleges mennyisége és kutankénti megoszlása;
- a gáz kémiai összetétele;
- a rendelkezésre álló termelési kútszelvényezési eszközpark választéka és felhasználási lehetőségei;
- a mérendő kutak hiányos karottázs szelvényanyaga.

Fenti tényezők számbavétele után meg kell állapítanunk, hogy az adatszolgáltatás igényelt színvonalának maradéktalanul nem lehet eleget tenni, az alábbiak miatt:

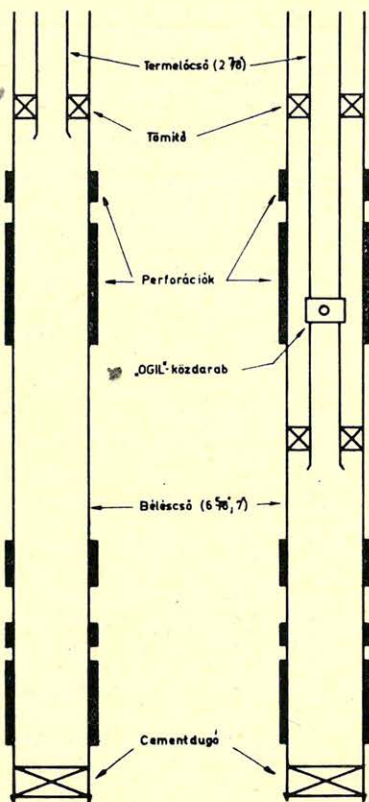
a) A kutak kiképzésénél elsősorban műszaki szempontok játszottak közre, a termelési kútszelvényezés igényeit csak másodsorban vették figyelembe. (1. ábra) A kutak zöme kétszintes, a perforációk egy része a termelőcső mögött helyezkedik el. Emiatt közvetlen módszerekkel (áramlásmérések) csak a besajtoló gázmennyiségnek a kút két szintje közötti megoszlása mérhető, a termelőcső mögötti perforációk elnyelése csak közvetett módon (radioaktív és hőmérséklet mérések alapján) detektálható.

b) A kutakban besajtoló gázmennyiség alacsony, normál állapotban néhány-szor tízezer m³/nap. Mivel a besajtoló gáz több nyelő perforáció között oszlik meg, várható, hogy a kutak alsó szakaszán az áramlási sebesség kisebb lesz, mint az áramlásmérő küszöbérzékenysége.

c) A gáz kémiai összetétele 80% CO₂, 16% CH₄, 2% N₂; 0,4% H₂S és 1–2% H₂O, ezenkívül nyomokban O₂. A széndioxid, kénhidrogén, víz és oxigén együttes jelenléte rendkívül nagy korróziós veszélyt jelent. Emiatt figyelembe kellett venni a mérőrendszer egyes elemeinek (lyukműszerek, kábel) és a lyukfej elzáró egység (lubrikátor) károsodását, valamint mérlegeltük a nagyobb értékű és nehezen pótolható lyukműszerek alkalmazását.

d) A termelési kútszelvényezés eszköz és műszerparkja a feladat kijelölésekor adott volt és fejlesztésére a mérések megkezdésére szabott határidőn belül nem nyílt lehetőség.

A feladatmegoldás tervezésekor – az előzőekben felsorolt tényezők okozta korlátokon túl – figyelembe kellett vennünk, hogy



Geo 83/19-1

1. ábra. CO₂ besajtolásnál alkalmazott kútkiképzések

Рис. 1. Конструкции скважин, применяемые при нагнетании CO₂

Fig. 1. Well head construction used at CO₂ injection

- a rendelkezésre álló különböző típusú áramlásmérők közül csak folyamatos szelvényezésre alkalmas forgólapátos eszköz használható, (a szonda alacsony felbontóképességű, elsősorban nagy hozamú kutak szelvényezésére jó);
- nincs megfelelő nyomásmérő szonda, emiatt a mérések által lyukviszonyok között meghatározott besajtolási adatok normál állapotra nem számíthatók át.

e) A kutak hiányos karottázs szelvényanyaga elsősorban a besajtolási profil mérések interpretációjánál okozhat nehézséget. A besajtolásra kijelölt kutak egy részét évtizedekkel ezelőtt fúrták és ezekben csak 1 : 1000 mélységléptékű normál ellenállás (POL) és természetes potenciál (SP) szelvény áll rendelkezésre. Ez nehezíti annak eldöntését, hogy a rétegek besajtolási profilja mennyire felel meg a tárolókőzet kőzetfizikai paramétereinek, azaz porozitásának és áteresztőképességének. Ugyancsak problémákat vethet fel, hogy a kutakban a besajtolás megkezdése előtt nem vettek fel cementlog szelvényt, így a cementpalást állapota

– figyelembe véve a kutak korát is – tisztázatlan, számítani kell cső mögötti áramlásokra.

A felsorolt tényezők figyelembevételével olyan mérési technológiát dolgoztunk ki, amely kompromisszumot teremt az adatszolgáltatási elvárások és az objektív lehetőségek között, szem előtt tartva azt is, hogy a mérési költségek a szükséges legalacsonyabb szinten maradjanak.

Ez a következő volt:

a) Két szondahosszas neutron-neutron termikus (NT/ 0,5 és 0,7 m) természetes gamma (TG) és hőmérséklet (TEL) alapszelvények felvétele a kísérletre kijelölt kutakban a széndioxid besajtolás megkezdése előtt.

Feladatai:

- A rétegek kezdeti gáztelítettségének meghatározása.
- A hiányos karottázs szelvényanyag részleges pótlása.
- Összehasonlítási alap biztosítása a besajtolás megkezdése után felveendő szelvények kiértékeléséhez. A különböző nyelő rétegekkel szemben ugyanis – a hozamok megváltozásán kívül elsősorban az elnyelt (döntően CO₂ tartalmú) gáz alacsony hidrogéntartalma miatti látszólagos neutron-porozitás csökkenés, valamint a besajtolás hatására a rétegbe kerülő gáz expanziója miatti hőmérséklet-változás alkalmas a rétegek elnyelésének megítéléséhez. Figyelembe kell venni azt is, hogy ezek a paraméterek a rétegben végbemenő változásokat is tükrözik míg az áramlásmérések csak a kút belső terében áramló fluidum mennyiségének megváltozását mutatják.

b) Ellenőrző szelvényezések a széndioxid besajtolás megkezdése után, a kísérleti munkák állapotának megfelelő időpontokban.

Ez a következőket tartalmazza:

- Két szondahosszas neutron-neutron termikus (NT/ 0,5 és 0,7 m) szelvényezés a rétegekben végbemenő telítettség-változás megfigyelésére.
- Forgólapátos áramlásmérés (VEML) a besajtolt gáz összes mennyiségének, valamint az egyes perforációk (perforáció szakaszok) által nyelt mennyiségek meghatározására.
- Lyukátmérő mérés (DL) az áramlásmérések kiértékeléséhez, valamint a kutak műszaki állapotának ellenőrzéséhez.
- Hőmérséklet-mérések (TEL) besajtolás közben és a besajtolás leállítása után, két időpontban, a nyelő rétegekkel szembeni hőmérséklet anomáliák meghatározása és esetleges cső mögötti gázáramlás felderítése céljából.

4. A mérések eredményei

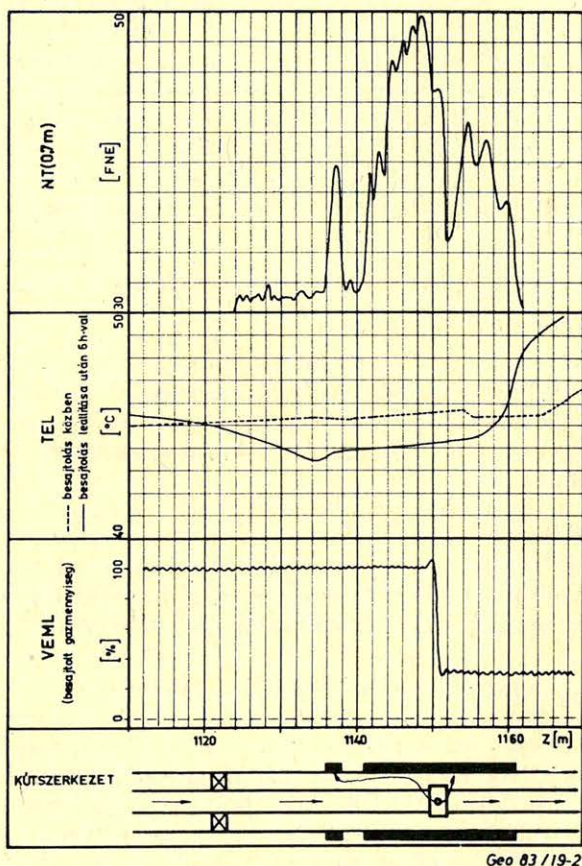
1981. április és 1983. január között a kísérletre kijelölt 3 db kúton elvégeztük az alapszelvények felvételét és a besajtolás megkezdése utáni első ellenőrző mérést. Ezenkívül 1 db kúton további két alkalommal végeztünk szelvényzést a besajtolás szabályozási-eljárások ellenőrzésére. (Megjegyzem, hogy a kúton folyó munkák jellegéről és az elvárt eredményekről nem kaptunk információt, így ez mint szubjektív tényező, mérések interpretációját nem befolyásolhatta.)

A másik két kúton a további ellenőrző mérésekre későbbi időpontban kerül sor. A mérések lefolytatása nem volt problémamentes, alapvetően a besajtolt gáz agresszív hatása miatt. Ez két oldalról okozott nehézséget.

- A lyukműszerek és a lyukfej elzáró egység gumialkatrészeit a gáz tönkretette, a fellépő tömítetlenség miatt gyakoriak voltak az eszközmeghibásodások.
- A kútszerkezet korróziója és a csövek falán keletkezett lerakódás olyan szűkületeket hoztak létre, amelyekben a szondák felültek, így a kutak teljes szakaszukon nem minden esetben voltak szelvényezhetőek.

A fenti problémák ellenére a mérések alapvetően sikeresnek mondhatók. Az elvégzett mérések a következő információk szolgáltatását tették lehetővé:

- A kutakban levő folyadékmérő helye. A folyadékmérő alatti perforációkba gázbesajtolás nem történik.
- A besajtott gáz (kútviszonyok melletti) mennyiségének megoszlása a két telep között mind egyszintes, mind kétszintes kútkiképzés esetén (2. ábra).
- A kutak felső, nem termelőcső mögötti levő perforációiba jutó gázmennyiség.



Geo 83/19-2

2. ábra. Kétszintes kút termelőcső mögötti perforációinak ellenőrzése

Рис. 2. Проверка перфорации в двухъярусной скважине за насоснокомпрессорной трубой

Fig. 2. Control of perforations behind tubing in a two level borehole

d) A perforációk elnyelésére vonatkozó kvalitatív adatok

- a termelőcső mögött levő (2. ábra)
- a kút alsó szintjén elhelyezkedő, áramlásmérővel nem mérhető perforációk esetén. (Az elnyelés ténye, relatív aránya.)

e) A perforációk effektív (működő) hossza, azaz a rétegmegnyitás hatékonyságával összefüggő adatok.

f) A rétegekben időben bekövetkezett gáztelítettség változás, ezen belül

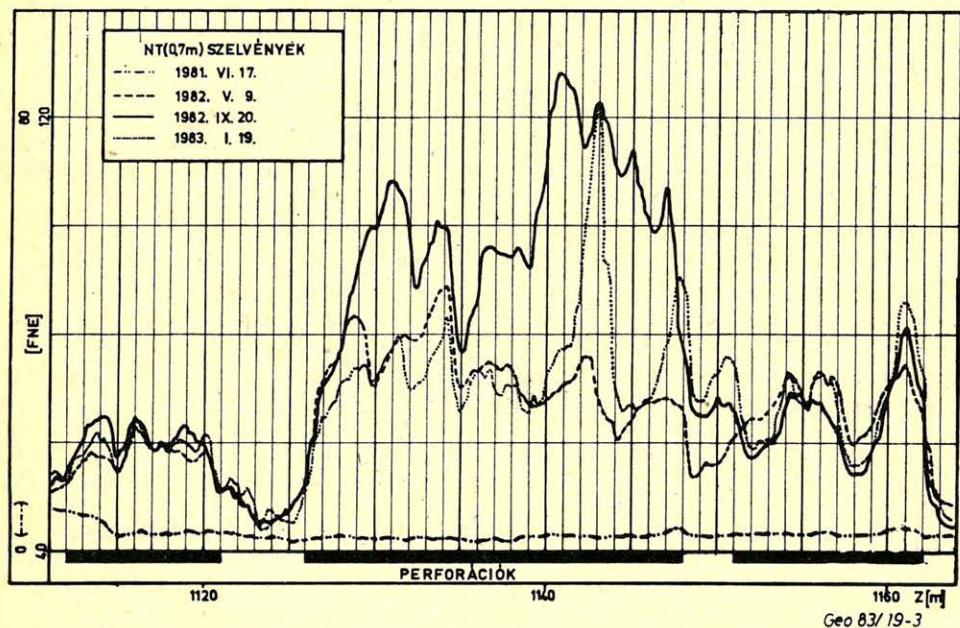
- a telítettségváltozás tendenciája (3. ábra)
- a telítettség alakulása megfelel-e a tárolókőzet porozitás-áteresztőképesség viszonyainak.

g) A kút műszaki állapotára vonatkozó adatok:

- korrózió, lerakódás miatti szűkületek a kútban,
- cső mögötti áramlások, a gáz útja a rétegbe (a perforáción keresztül vagy cső mögött),
- rendellenes (nem megnyitott vagy impermeabilis rétegben bekövetkező) „gáztelítettség növekedés”.

5. Következtetések, javaslatok

A szelvények interpretációs felhasználási lehetőségeiről az előzőekben elmondottakon túlmenően a következők állapíthatók meg.



3. ábra. A CO₂ besajtolási kísérlet különböző fázisaiban mért neutron-neutron termikus (0,7 m) szelvények

Рис. 3. Нейтрон-нейтрон термические кривые (0,7 м), измеренные в различные фазы опыта нагнетания CO₂

Fig. 3. Neutron-neutron thermal (0,7 m) logs run in different phases of CO₂ injection test

a) A neutron-neutron termikus (NT) szelvények indikációi nem csak a rétegekben végbemenő gáztelítettség változást mutatják, igen szoros kapcsolatban vannak a besajtolási profillal is. A módszer max. néhányszor 10 cm-es behatolási mélysége miatt ugyanis csak a kút közvetlen környezetében végbemenő változásokat tükrözi.

A gáz minimális hidrogéntartalma miatt – jelen esetben – a cső mögötti rendellenes gázáramlás – elsősorban a neutron szelvényekre gyakorol hatást, így a kútproblémákat ezek tükrözik legjobban.

Az időszakos ellenőrző méréseknél – a változások kimutatására – egy szondahosszas neutron mérés is elegendő.

b) A hőmérséklet szelvények anomáliái elsősorban a kútban lejátszódó nyomásváltozásokkal vannak kapcsolatban, melyeket a kútszerkezet szerelvényei is okozhatnak. Emiatt a későbbiekben mindenképpen célszerű a mérési programot – a zavaró anomáliák kiszűrése céljából is – nyomásméréssel kiegészíteni.

A kútlezárás után – az eddigi tapasztalatok szerint – elegendő kettő helyett egy szelvény felvétele.

Az eddigi mérések feldolgozása alapján megállapítható, hogy a feladatmegoldás szempontjából nincs kitüntetett szelvény, az interpretációt csak valamennyi mérési adat és a mérési körülmények figyelembevételével szabad végezni.

Összefoglalás

Az elvégzett mérések tapasztalatai széndioxidos művelési eljárással kapcsolatban a következőkre hívják fel a figyelmet.

a) A művelés megkezdése után szükséges valamennyi gázbesajtoló kút rendszeres ellenőrzése. Az ellenőrzésnek a besajtolási profilon kívül ki kell terjednie a kutak műszaki állapotának vizsgálatára is. Ezt indokolja a gáznak a kútszerkezetre gyakorolt korrózió hatása, valamint az, hogy amennyiben a gáz a kútszerkezet és a cementpalást sérülésein keresztül nem a tervezett helyre kerül, rendkívül nagy környezetszennyező hatást fejthet ki (pl. vízáadó rétegekben).

b) A besajtolás megfigyelése nem elegendő csupán a gázbesajtoló kutakban. A tárolókőzet horizontális inhomogenitásai miatt a gáz a telepben a besajtolás szabályozása ellenére is egyenetlenül terjedhet el. Emiatt szükséges megfigyelő kúthálózat kijelölése, melyekben a rétegek gáztelítettség változását rendszeres időközökben végzett radioaktív szelvényezéssel ellenőrizni kell.

Összességében megállapítható, hogy a termelési kútszelvényezés tervszerű, rendszeres alkalmazása alapfeltétele a harmadlagos művelési eljárások sikeres kivitelezésének.

Kísérletek a frekvenciasondázások felhasználására üledékes formációk finomszerkezetének vizsgálatánál

FORMÁNNÉ GULYÁS CSILLA*, KARAS GYULÁNÉ*,
NAGY ZOLTÁN*, PÉTERFAI BÉLA*, SZALÓKI ISTVÁN**,
ZIMÁNYI ISTVÁN*

A GKV mintegy 10 éve folyamatosan szerzett elektromos frekvenciasondázási tapasztalatait felhasználva alakította ki jelenlegi elektromágneses kutatórendszerét. (EM FR SZ)
Ennek jellemzői:

1. A kutatási céloknak megfelelően létrehozott nagyteljesítményű és széles frekvencia-tartományban működő adó berendezés (GKV-GANZ-GE-80)

2. A fedő-legyező rendszerű EM frekvenciasondázásokkal végzett folyamatos szelvénymérési metodika a terepi méréseknél.

3. A felbontóképesség jelentős növekedését eredményező differenciális szelvényyszerkesztési eljárások alkalmazása az interpretációban.

A kialakított kutatórendszer mind a mély medencék szerkezetének és az időös medencealjzat-képződmények kutatásában, mind a medencéket kitöltő fiatalabb üledékes rétegsor finomabb szerkezetének, fácies változásainak kutatásában hatékonyak bizonyult.

Az előadás az utóbbival kapcsolatosan részletesen bemutatja olyan kísérleti mérések eredményeit is, amelyeket a GKV a Nagyalföldi Kőolaj és Földgáztermelő Vállalat megbízásából végzett másodlagos (átfejlesztett) földgázakkumuláció tárolása, ill. továbbmozgása szempontjából érdekes, lencsés kifejlődésű levantei összetel belső struktúrájának, fáciesváltozásainak vizsgálatára. A kísérletek az EM FR SZ kutatások további új felhasználási lehetőségeit igazolták.

Используемая в настоящее время система электромагнитного частотного зондирования (ЭМЧЗ) была разработана Предприятием геофизической разведки с использованием опыта, накопленного за больше чем 10 лет непрерывно проведенных электроразведочных работ по методу частотного зондирования. Ее основные характеристики сводятся к следующему.

1. Специально разработанный датчик большой мощности, работающий в широком диапазоне частот (GKV-GANZ-GE-80);

2. Методика непрерывного профилирования ЭМ частотным зондированием по системе веерообразного перекрытия;

3. Применение дифференциальных операций построения разрезов при интерпретации данных, благодаря чему в значительной мере повышается разрешающая способность.

Разведочная система оказалась высоко эффективной при изучении как строения глубоких бассейнов и древних отложений фундамента, так и тонкой структуры и фациальных изменений толщи молодых осадочных отложений, заполняющих бассейны.

В связи с последней проблемой в докладе подробно излагаются результаты экспериментальных работ, проведенных Предприятием геофизической разведки по поручению Предприятия разработки нефти и газа Большой венгерской низменности для изучения внутреннего строения и фациальных изменений левантской толщи линзообразной фацции, имеющей большое значение в накоплении и миграции вторичного газа.

Проведенные эксперименты подтвердили возможности метода ЭМЧЗ в решении подобных задач.

The recently available electromagnetic frequency sounding exploration system (EM FR S) of the Geophysical Exploration Co. has been developed on the basis of our more than ten years' continuous experience with geoelectric frequency sounding.

* Geofizikai Kutató Vállalat, Bp.

** Nagyalföldi Kőolaj és Földgáztermelő Vállalat, Szolnok

Basic characteristics are as follows:

1. A specially designed high-power transmitter operating in a wide frequency range (GKV – GANZ – GE – 80);
2. A continuous profiling technology for the EM frequency soundings in the overlapping fan system.
3. The construction of the sections in the interpretation stage is realized by differential procedures in order to increase the resolving power.

The exploration system has proved highly successful in the study of the structure of the deep basins and of the old formations of the basement, as well as in the exploration of the fine structure and facies changes of the younger sedimentary sequences filling the basin.

In connection with this latter problem the lecture presents in details the results of an experimental survey carried out by the Geophysical Exploration Co., upon a contract of the Oil and Gas Production Co. of the Great Hungarian Plain, in order to study the interior structure and facies changes in the lensed Levantine formation having an important role in the accumulation and migration of the secondary gas.

The experiments have proved that the EM FRS method does have a definite role in the solution of these kinds of problems.

A Geofizikai Kutató Vállalat (GKV) 10 éve alkalmazza az elektromágneses frekvenciaszondázások módszerét a szénhidrogén-kutatásban. A módszer magyarországi bevezetésének kezdeti feltételeit a 20. Geofizikai Szimpóziumon publikáltuk 1975-ben. [Nagy Z., Vida Zs., Zimányi I. 1976]

Az elmúlt 10 év alatt végzett mérések tapasztalatait felhasználva, a GKV a kezdeti színvonalhoz viszonyítva jelentősen továbbfejlesztette elektromágneses frekvenciaszondázó rendszerét (EM FRSZ). [Nagy Z. 1981, Ádám A. et al., ... 1981].

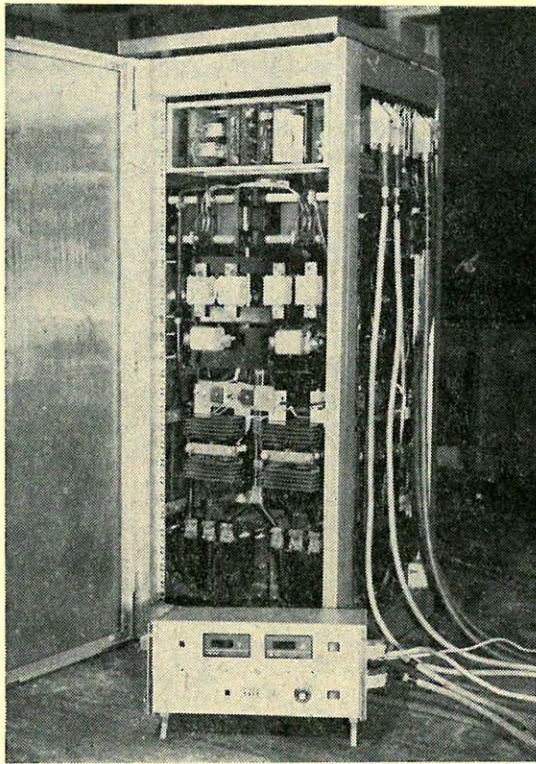
A GKV jelenlegi EM kutató rendszerének főbb technikai jellemzői a következők:

1. Magyarországon, 1980-ban kialakított GKV – GANZ GE – 80 típusú nagyteljesítményű adóberendezés, amely az EM teret földelt elektromos dipólok segítségével állítja elő. Az adó nagyteljesítményű tirisztoros kapcsolóegysége biztosítja a maximálisan 90 A áramerősségű áram kibocsátását DC és 90 Hz között. A négyoszög hullám frekvenciáját folyamatosan lehet változtatni egy frekvencia ellenőrző egység segítségével.

2. A vevő oldalon az EM tér összetevőinek mérésére ötcsatornás mérőberendezés szolgál, digitális, mágnesszalagos jelrögzítéssel egyidejűleg 2E és 3H térösszetevő mérhető jelenleg a DC – 25 Hz frekvenciatartományban. A mágneses érzékelők magyar (MTA GGKI) indukciós szondák. Az összes csatornán 10^{-3} – 10^3 Hz között tetszőlegesen beállítható analóg szűrők (KROHN-HITE) biztosítják a mért sinus alapharmonikus szelektív kiválasztását. További jelösszegző software biztosítja a környezeti zajok és az MT pulzációk elnyomását.

3. A GKV-nál terepmérésekre kialakított speciális rendszer a „Folyamatos szelvényeken mért fedő-legyező rendszerű frekvenciaszondázások módszere”. Ennek mérési elrendezése a 2. ábrán látható vázlat szerint a következő:

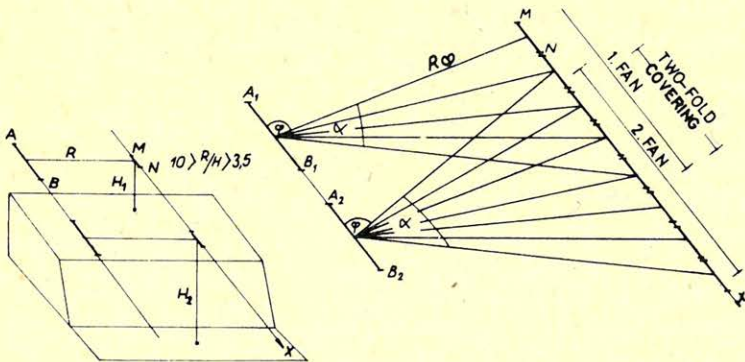
A mérési vonalak a földtani-szerkezeti csapásirányra általában merőlegesek. Az EM tér gerjesztése földelt elektromos tápdipóllal történik (AB), amely a mérési szelvényen párhuzamos vonalon mozog. A mérési szelvényen mozognak az elektromos mérődipólok (MN) és a mágneses térérzékelő szondák. A mérések vonatkozási helye a mérődipólok középpontja. A mérő és tápvonal távolsága a geológiai feltételektől függ. Az MN mérővonalon az elektromos mérődipólok lépésköze (ΔX) azonos a mérődipól hosszúságával, vagy annak felével. Így a szondázásokból folyamatos szelvényezés, ill. átfedő adatfelvételezés jön létre.



1. ábra. A GE-80 tirisztoros kapcsolóegység

Рис. 1. Приспособление для включения на тиристорах, типа GE-80

Fig. 1. The GE-80 thyristor switching unit



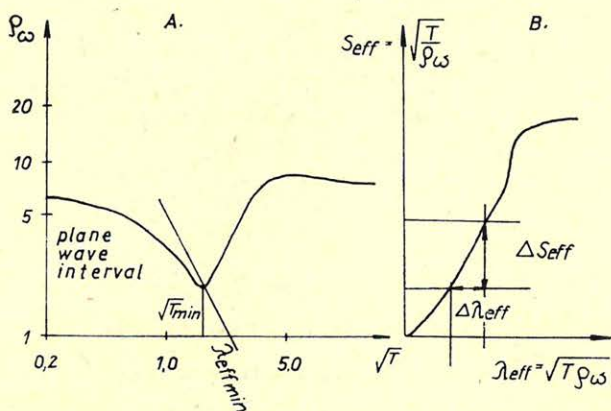
2. ábra. Fedő-legyező mérési elrendezés, az 1. és 2. legyezők kétszeres fedő szakaszával

Рис. 2. Измерительная постановка по системе веерообразного перекрытия, двойным перекрытием

Fig. 2. Overlapping Fan-Array system, with two-fold covering

Egy-egy szelvényszakasz frekvenciaszondázásait – amint a 2. ábra mutatja – fix helyzetű AB tápdipólról végzik, olyan feltétellel, hogy az AB dipól középpontjából a bemért vonalszakasz végpontjaihoz húzott sugarak által bezárt szög $\alpha \leq 20^\circ$ (azaz $\varphi \approx 80^\circ$). Ezt a vonalszakaszt *legyezőnek* nevezzük. A folyamatos szelvénymérés átfedő legyezők sorozatából jön létre. A szelvényszakasz fedését két, különböző helyzetű adóról való bemérés biztosítja. A fedőmérések egyrészt a mérés stabilitásának ellenőrzését szolgálják, másrészt a geológiai eredetű torzító tényezők felismerését teszik lehetővé.

Minden egyes mérési ponton a teljes frekvenciatartomány bemérésre kerül. Az ismertett mérési rendszertől nem választható el a mért adatok kiértékelési és értelmezési metódusa, amelynek kiindulásául a \sqrt{T} paraméter (periódusidő gyöke) függvényében ábrázolt látszólagos fajlagos ellenállások, vagyis a szondázási görbék szolgálnak. Szondázási görbéket számolunk az EM tér E_x és H_z komponenseiből, valamint az E_x/H_y és H_z/H_y látszólagos impedancia értékekből. A 3. ábra E_x komponensekből számolt FRSZ szondázási görbét mutat be.



3. ábra. Az E_x térösszetevőből számított FRSZ látszólagos fajlagos ellenállás-görbe (A) és a transformált $S_e = j(\lambda_e)$ görbe (B)

Рис. 3. Кривая кажущегося сопротивления ЧЗ вычисленная по компоненте E_x э.м. поля (А), и преобразованная кривая (В), вычисленная по формуле $S_e = j(\tau_e)$

Fig. 3. FRS apparent resistivity curve for the E_x field component, and transformed curve of $S_e = j(\lambda_e)$

Melyek a bemutatott mérési rendszer nyújtotta előnyök?

1. A fedő-legyező dipólrelrendezés folyamatos adatfelvételt biztosít, és lehetővé teszi a mért adatok stabilitásának növelését.

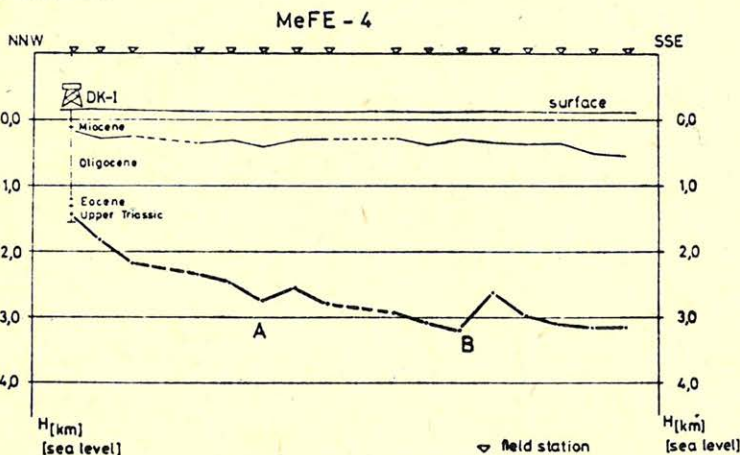
2. A fedő-legyező rendszer ismételt legyezőinek mérési pontjain, a kétféle adóhelyzetből kapott eredmények egyezése, vagy eltérése lehetővé teszi azoknak a hatásoknak felismerését és szelektálását is, amelyek nem a mérővonal alatti térségből származnak, hanem az adó helyzetétől függenek. Egyetlen fix adó esetén ez nem lenne felismerhető, valamint akkor sem, ha az adó és vevő együtt mozogna.

3. A folyamatos szelvény lehetővé teszi a szokásos nagyellenállású aljzat felszínének követését, és a szondázási görbék kiértékelésével az aljzat mélysé-

gének meghatározását. Erre egy jellemző példa a 4. ábra, amely a maklári árkot harántoló mérővonal mélyfúrásba bekötött mélységszelvényét mutatja be.

4. A folyamatos FRSZ szelvényezés további lehetőséget biztosít a medencealjzat fölötti üledékes összletek geológiai jellemzőinek vizsgálatára.

Az adó-vevő távolság megfelelő megválasztásával az aljzatra települt rétegsor jellemzésére az FRSZ görbe magasabb frekvenciás, ún. síkhullámú szakaszának látszólagos fajlagos ellenállásai használhatók. (A 3A ábrán a minimum-ponttól balra eső görbeszakasz.) Ennek viselkedése a magnetotellurikus szondázási görbével azonos.



4. ábra. A MeFE-4 vonal FRSZ mélységszelvénye

Рис. 4. Глубинный разрез по данным ЧЗ вдоль профиля MeFE-4

Fig. 4. FRS depth section of MeFE-4 profile

Az ismertett rendszer előnye, hogy a szerkezeti csapásra merőleges vonalon mért látszólagos fajlagos ellenállások az MT módszer ún. H polarizált adatainak felelnek meg. [Berdicsevszkij, KAPG 1976]. Ismeretes, hogy a H polarizált elektromos térerősszetevő változása ugrásszerű, a fajlagos ellenállás vertikális kontaktusa felett [D'Erceville - Kunetz 1962]. Így a folyamatos szelvények előnyösen használhatók ellenállás-diszkontinuitások felismerésére és azok helyének meghatározására az ún. intervallum-ellenállás szelvények felhasználásával.

A látszólagos fajlagos ellenállás (ϱ_T) két egymásutáni periódusidőn (T) mért értékeiből (lásd 3B ábrát) az intervallum-ellenállás az alábbi módon képezhető, az ún. effektív hullámhossz (λ_{eff}) és effektív eredő vezetőképesség (S_{eff}) alapján [Matvejev, 1974]:

$$\lambda_{ei} = \sqrt{\varrho_{Ti} T_i}; \quad S_{ei} = \sqrt{\frac{T_i}{\varrho_{Ti}}}$$

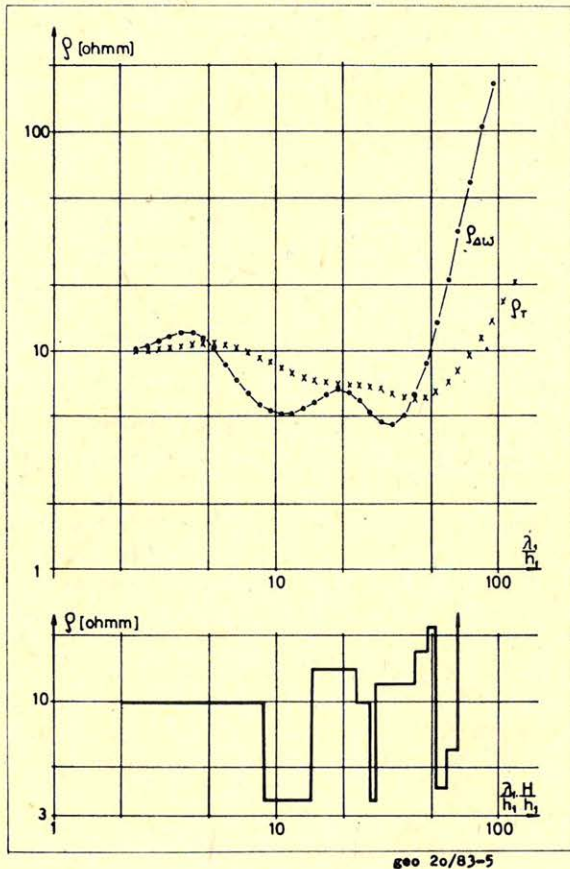
$$\varrho_{\Delta\omega_k} = \frac{\lambda_{ei+1} - \lambda_{ei}}{S_{ei+1} - S_{ei}} = \frac{\Delta\lambda_{ek}}{\Delta S_{ek}}$$

A $\varrho_{\Delta\omega_k}$ értelme a $\Delta\lambda_k$ hullámhossz-különbség intervallumához rendelt fajlagos ellenállás. Homogén feltérben a $\varrho_{\Delta\omega_k}$ érték megegyezik a feltér valódi ellenállás-

értékével, kétréteges modellnél a $\rho_{\Delta\omega_k}$ értékek gyorsan konvergálnak a második réteg valódi ellenállás-értékéhez. Általános esetben, rétegzett közegben a $\rho_{\Delta\omega_k}$ értékek a valódi ellenállás jellemző változásainak kimutatására használhatók fel.

Az intervallum-ellenállás előnyeit egy síkhullámú MT görbén mutatjuk be. Ismeretes, hogy vékony, nagyellenállású rétegek a látszólagos fajlagos ellenállás-görbéken csak gyengén, vagy alig tükröződnek. Ezen rétegek határozottabban felismerhetők az intervallum-ellenállás görbéken. Az 5. ábra egy ilyen síkhullámú modell esetére mutat be ρ_T és $\rho_{\Delta\omega}$ görbepárt, ill. a rétegzett modell ellenállás-eloszlását. A szokásos ρ_T görbével ellentétben a $\rho_{\Delta\omega}$ görbén igen jól felismerhető a nagyellenállású réteg hatása.

A nagyteljesítményű adóval kedvező jel/zaaj viszony mellett mért ρ_T görbék-ből megbízható $\rho_{\Delta\omega}$ görbék transzformálhatók, amelyeken differenciális hatások



5. ábra Síkhullámú modell látszólagos fajlagos ellenállás és intervallum-ellenállás görbéi, a modell ellenállás-eloszlásával

Рис. 5. Кривые кажущегося сопротивления и интервального дифференциального сопротивления на плосковолновой модели, с распределением сопротивлений по модели

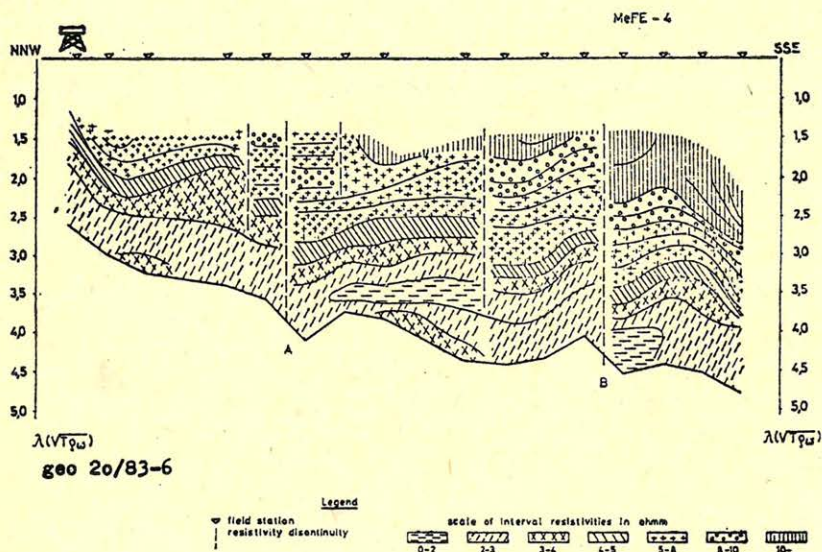
Fig. 5. Apparent Resistivity and Interval Resistivity Curves of a plane-wave model computation with the input resistivity distribution

jelennek meg. Így a $\rho_{\Delta\omega}(\lambda_e, x)$ intervallum-ellenállás szelvények alkalmasak az üledékes összlet jellemző ellenállás-formációinak követésére, szerkezetük és diszkontinuitásaik kimutatására.

A 6. ábrán az intervallum-ellenállás szelvények egy jellemző példáját mutatjuk be a 4. ábrán közölt MeFE-4 mérési szelvény esetére. A 4. ábra mélység-szelvényén a medencealjzatban megfigyelhető törésvonalaknak (A, B) megfelelő ellenállás-diszkontinuitások egyértelműen felismerhetők a 6. ábra intervallum-ellenállás szelvényén is, amely további diszkontinuitások kimutatását is lehetővé tette. A szelvényt alul a $\lambda_{\text{eff min}}$ értékek vonala zárja le, amely az aljzat reliefjét tükrözi. A szelvény elején a DK-1 mélyfúrás és az A törésvonal között a $\rho_{\Delta\omega} \sim 4-5$ Ohm ellenállással jellemzett intervallumnál kezdődik a rétegsorban a demjéni térségben CH produktivitás szempontjából érdekes oligocén rupéli összlet. Ezt figyelembevéve, a szelvény a B törésvonal környezetében a CH kutatás szempontjából figyelemreméltó további medencealjzat ill. üledékes szerkezeti információkat mutat.

A mély medencék és jelentősebb üledékes szerkezetek kutatásánál a mélység és intervallum-ellenállás szelvények a szeizmikus módszert kiegészítő, vagy önálló új geofizikai adathordozók [Nagy Z., Pogácsás Gy., Rumppler J., Szanyi B. 1982].

Egyes modelleken a differenciális tulajdonságú $\rho_{\Delta\omega}$ adatok finomítására is szükség lehet a modell további felbontásához. Kísérleti eredmények igazolták, hogy M. A. Kiricsek és N. G. Zaripov (1971) által javasolt és általunk bizonyos



6. ábra. A MeFE-4 vonal EM FRSZ intervallum-ellenállás szelvénye a 4. ábrán bemutatott aljzat-törések (A, B) helyével és az üledékes összletben kimutatott diszkontinuitásokkal

Рис. 6. Разрез интервального дифференциального сопротивления ЧЗ вдоль профиля MeFE-4, с разломами фундамента (А, В) изображенными на рис. 4. и прерывностями разреза, выявленными в осадочной толще

Fig. EM FRSZ Interval Resistivity Section of MeFE-4 profile. Discontinuities at A and B are identical with faults presented in Figure 4.

módosítással alkalmazott derivált szelvény szerkesztési módszer lehetőséget nyújt a hagyományos ellenállású szelvényeken kevésbé határozottan megjelenő zónák kimutatására. Az eljárás az általános háttérértékhez képest megnövekedett, ill. lecsökkent ellenállású zónákat emeli ki, és ezáltal lehetőséget ad az üledékes rétegsor finomabb szerkezetének vizsgálatára. Esetünkben a derivált szelvény szerkesztés kiindulási adatai az intervallum-ellenállás értékek, amelyek λ_{eff} szerinti egyenközü intervallumokra vonatkoznak.

A számítás menete a 7. ábra szerint a következő:

1. Kiszámítandó minden λ_i hullámhossz értelemben vett behatolási mélységre külön-külön az átlagos háttér-ellenállás (norma) értéke, a mérési vonal összes pontját figyelembevéve.

$$(\bar{\rho}_{\Delta\omega})_{\lambda_i} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (\rho_{\Delta\omega})_{x_j, \lambda_i}$$

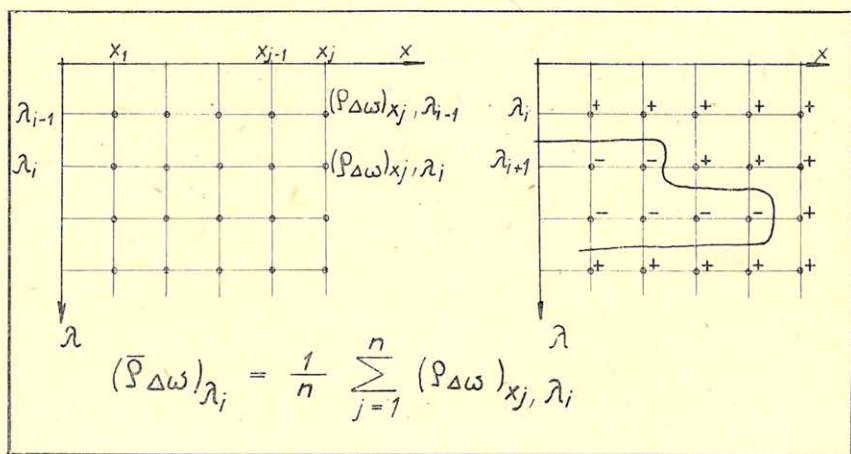
2. Az ellenállás-anomália (normától való eltérés) vertikális összetevőjének (Δ_{ij}) számítása az X szelvény mérési pontjai mentén, rögzített λ_i értékekre.

$$\Delta_{j,i} = (\rho_{\Delta\omega})_{x_j, \lambda_i} - (\bar{\rho}_{\Delta\omega})_{\lambda_i}$$

$$\Delta_{j,i-1} = (\rho_{\Delta\omega})_{x_j, \lambda_{i-1}} - (\bar{\rho}_{\Delta\omega})_{\lambda_{i-1}}$$

3. A látszólagos ellenállás relatív növekményének (δ_j, λ_i) – adott – λ_i mélységben a j indexű szelvénypontokra vonatkozó vertikális deriváltak – meghatározása:

$$\delta_{j, \lambda_i} = \Delta_{j,i} - \Delta_{j,i-1}$$



7. ábra. A vertikális derivált számítás bemenő adatainak hálóját (baloldalon) és a vertikális deriváltak előjel szerinti ábrázolását

Рис. 7. Сетка входных данных для расчёта вертикального производного (налево) и изображение по знакам вертикальных производных

Fig. 7. Grid of input data (on the left) and plotting of the signs of Vertical Derivative Computation

A δ_j , λ_i a szelvény rácspontjaihoz rendelt előjeles érték. A vertikális derivált szelvény szerkesztése a pozitív és negatív értékű helyeket elválasztó 0 izovonal behúzásával történik. Ez az izovonal különíti el a háttérhez képest magasabb, ill. alacsonyabb ellenállással rendelkező zónákat.

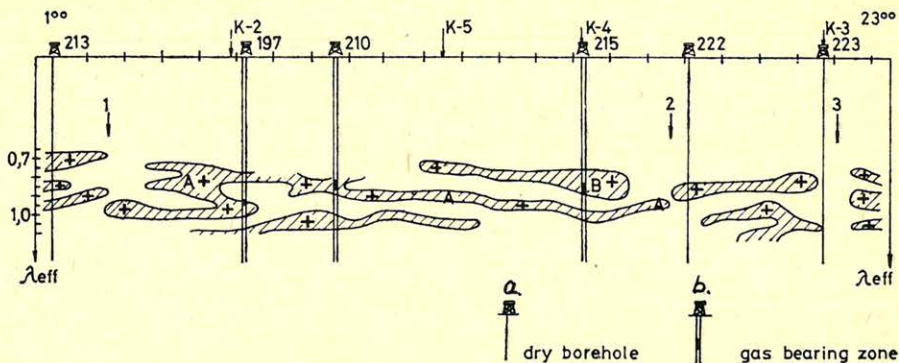
A dolgozat további részében azt kívánjuk bemutatni, hogyan alkalmazható az ismertetett módszer az üledékes rétegsor finomabb szerkezetének vizsgálatánál. A probléma konkrét, ipari igényként vetődött fel kőbörgázos átfejtődés vizsgálatával kapcsolatban. A megkutatott terület Magyarország DNy-i részén helyezkedik el, ahol egy korábbi gázkitörés eredményeként nagymennyiségű földgáz fejtődött át a mélyebb rétegekből a felszín alatti 300 – 500 m mélységben levő rétegekbe. A kérdéses területen a 300 m alatti levantei összletet agyag és változó szemnagyságú, nagy porozitású homok alkotja. Ez a lencses kifejlődésű homokos összlet potenciális gáztárolóként jelentkezik. A gáz a szerkezeti helyzet, rétegpermeabilitás függvényében a nyomáskiegyenlítődésre való törekvése folytán vízszintes és függőleges irányban egyaránt mozogásban van. Ezt a dinamikus állapotot a területen mélyített fúrásokban időszakosan végzett radioaktív mérések igazolták. Alkalmazott FRSZ méréseinkkel nem közvetlenül a gáz jelenlétét mutatjuk ki, hanem a gáz tárolása és mozgása szempontjából számbavehető formációkat követjük nyomon.

A kutatandó területet öt, egymást keresztező mérési vonallal fedtük le, amelyek telepítését döntően meghatározták a területen a gáz kutatására és termelésére mélyített fúrások. A geológiai helyzet megkívánta nagy felbontóképeséget speciálisan megválasztott mérés technika kialakításával értük el. Ez horizontális értelemben a $\Delta X = 1/2 \overline{MN}$ lépésköz alkalmazásával a mérési pontok szelvénymenti sűrítését, és ezzel a fedésszám növelését, vertikális értelemben a mérési frekvenciák besűrítését jelentette. A méréseket $40 \text{ Hz} \leq f \leq 1,6 \text{ Hz}$ tartományban 28 diszkrét frekvencián végeztük el, amely a közeg átlagos ellenállásvizonyai mellett, a behatolási mélység közelítőleg 6 – 6,5%-os növekedését biztosította frekvenciaközönként. A kőolajtermelő háttér ipari zajai lehetetlenné tették a mérési frekvenciatartomány kiterjesztését a magasabb értékek felé.

A mért anyag feldolgozásának eredményeként minden egyes vonalra megszerkesztettük az előbbieken tárgyalt vertikális derivált szelvényt. A további vizsgálatok szempontjából fontos pozitív zónák stabilitását úgy növeltük meg, hogy a vonalmenti átlagellenállás-norma mellett figyelembe vettük az egész területre vonatkozó háttérértéket is, minden λ_i értéknél. Ezzel a kettős átlagolással kiküszöböltük azokat az eltéréseket, amelyek a vonalkereszteződésekben jelentkeztek a mérővonalak különböző irányú tájolása miatt. A vertikális derivált szelvényeken a gáz tárolására potenciálisan alkalmas formációk (levantei homokok) megnövekedett ellenállással (pozitív anomália) jelennek meg. Az egyik mérővonal szelvényét a δ . ábrán mutatjuk be. A vízszintes tengelyen az X_i mérési pontok láthatók, a függőleges tengelyen λ_i , a hullámhossz értelemben vett mélységet hordtuk fel. Feltüntetjük a vonalra, vagy közvetlen a vonal közelébe telepített fúrásokat is.

A fúrások közül néhány gázt tartalmazott. Hogy a gázos rétegeket a hullámhosszúság léptékében ábrázolni tudjuk, szükség volt a derivált szelvények mélységbekötésére is. A mélységbekötés céljából az FRSZ mérések mellett egyenáramú vertikális elektromos szondázásokat is végeztünk.

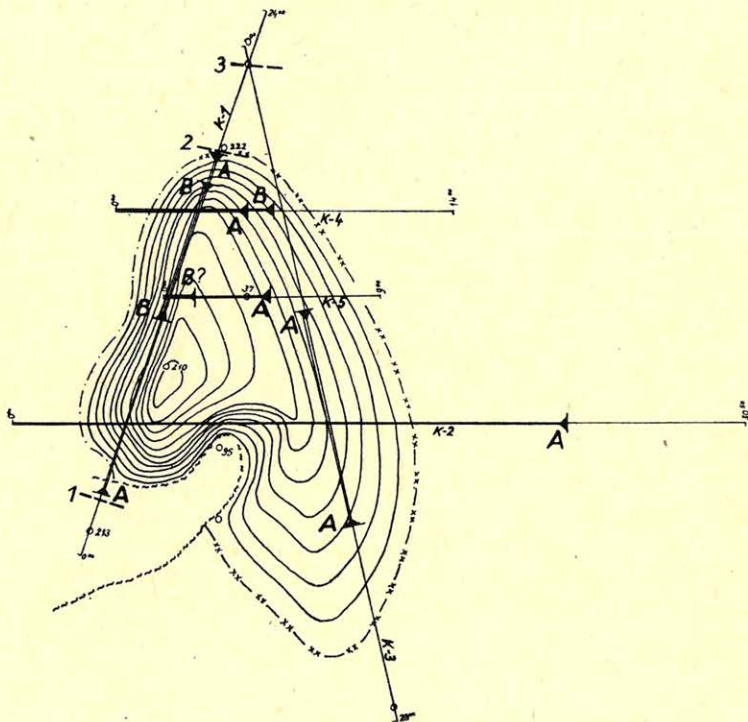
A szelvényből kitűnik, hogy a gázos szintek megjelenése minden esetben pozitív zónákhoz kötődik, ugyanakkor nem minden pozitív zóna tartalmaz gázt. A derivált szelvény közvetítésében kapott strukturális kép alapján a bemutatott



8. ábra. A K-1 mérési vonal FRSZ vertikális derivált szelvénye.
(a) meddő fúrás, b) gáztartalmú zóna

Рис. 8. Разрез вертикальных производных ЧЗ вдоль профилю К-1
(a) – пустая скважина, б) – газоносная зона

Fig. 8. Vertical Derivative Cross Section of profile K-1



9. ábra. A másodlagos gáz-előfordulás eredetileg feltételezett kiterjedése (eredményvonal) és az FRSZ mérések alapján valószínűsített lehatárolódásai. (A, B jelű nyilak)

Рис. 9. Распространение по первоначальным предположениям вторичных залежей газа (пунктирная линия), и них возможные ограничения на основе наблюдения ЧЗ (стрелки А, В)

Fig. 9. Sketch map of early conception of secondary gas occurrence and its revealed outlines by FRS

mérővonalon három – a teljes hullámhossz-tartományban negatív anomáliával jelentkező – elválás is látható. (A szelvényeken az 1., 2., 3. sz. jelölés mutatja.)

A vonalkeresztveződésekben kapott eredmények és a fúrási adatok felhasználásával elvégeztük a gázt tartalmazó pozitív és az ún. elválási (negatív) zónák területi korrelációját. Ennek eredményét mutatja a 9. ábra. Ezen egyben feltüntetjük az *FRSZ* mérővonalakat, a kutatási területen mélyült és a szelvényt készítés során felhasznált fúrásokat, valamint a megrendelőtől előzetes információként kapott gázos telep feltételezett kiterjedését, a fázishatárokat mutató térképeket. A derivált szelvényen megjelenő 1 és 2 jelű elválási zóna a térképen a márgavonalra, ill. a fázishatárra esik, ami megerősíti az előzetes geológiai elképzelést, a 3 jelű negatív zóna az előzetes adatok szerint is a meddő térséghez tartozik. Az egymást keresztező vonalakon követtük a produktív fúrásokban azonosított gáztartalmú pozitív zónáknak megfelelő anomáliák folyamatos elterjedését is. (8. ábra) Ezek lehatárolódásának helyeit is megjelöltük a 9. ábrán bemutatott szelvényvonalak megfelelő vonalkaróinál. Az így kapott vázlat szerint a másodlagos előfordulás feltételezett és a mérések alapján valószínűsített lehatárolódása az északi részen közelítően egybeesik, a keleti és dél-keleti részen némileg módosul. A nyugati részen mért vonalszakaszon belül egyértelmű lehatárolódás nem volt kimutatható.

IRODALOM

- [1] *Z. Nagy, Zs. Vida, I. Zimányi 1975*: High Power Frequency Selective Electromagnetic Measuring System of the OKGT-GKŰ and its use in hydrocarbon exploration. Paper presented at 20th GEOPHYSICAL SYMPOSIUM PROCEEDINGS OMDK TECHNOINFORM, BUDAPEST 1976.
- [2] *Nagy Z. 1981*: A felszíni elektromágneses kutató módszerek helyzete és fejlődése, alkalmazásuk újabb eredményei a hazai szénhidrogén-kutatásban. Magyar Geofizika XXII. évf. 4. sz.
- [3] *A. Ádám, J. Pongrácz, L. Szarka, P. Kardeván, L. Szabadváry, Z. Nagy, I. Zimányi, I. Kormos, P. Régeni 1981*: Analogue model for studying geoelectric methods in the Geodetic and Geophysical Research Institute of the Hungarian Academy of Sciences. Acta Geodaet. Geophys. et Montanist. Acad. Sci. Hung. Tomus 16/2–4/pp. 359–380.
- [4] *Berdicsevszkij M. N. – Dimitrijevič V. I. 1976*: Basic principles of interpretation of magnetotelluric sounding curves. KAPG monográfia: „Geoelectric and Geothermal Studies.” Akadémiai kiadó Bp.
- [5] *Matvejev, B. K. 1974*: Interpretacija elektromagnitnih zondirovanij. „Nyedra” Moszkva
- [6] *D’Erceville, I. and Kunetz, G. 1962*: The effect of a fault on the earth’s natural electromagnetic field. Geophysics V. 27. p. 651.
- [7] *Z. Nagy, Gy. Pogácsás, J. Rumpfer, B. Szanyi 1982*: 1982: Some representative seismic sections in the Pannonian Basin of Hungary. Evolution of extensional basins within regions of compression, Workshop Meeting at Veszprém, Hungary, 20–25. June, 1982.

Bauxittest elektromosellenállás mérésének analóg modellezése

S Z A R K A L Á S Z L Ó*

A dolgozat — analóg modellmérések tapasztalatai alapján — ismerteti a szerkezeti ellenállás mérési módszerének elvét, valamint foglalkozik a mért paraméternek elsősorban a bauxitkutatásban történő felhasználási lehetőségeivel.

При геоэлектрических измерениях сделанных в формированиях ограниченных со всех сторон породами высокого сопротивления (например в бокситовых линзах подготовленных к разработке) сопротивление питающей электрической цепи АВ зависит не только от заземляющего сопротивления а также зависит от сопротивления электрически проводящего тела. Знание сопротивления структуры дает возможность сделать заключения на геометрию тела (на запас полезных ископаемых).

На базе опытов аналоговых моделирования написан метод измерения электрического сопротивления структуры и набросаны некоторые возможности применения этого метода прежде всего в исследовании боксита.

If geoelectric measurements are made in formations surrounded by high resistivity rocks from all sides (e.g. in an opened-up bauxite lens) the resistance of the feeding AB-circuit depends not only on the earthing resistance but also on the resistance of the conducting body. Knowing this resistance come conclusions about the geometry of the body (that is about the stockpile of the structure) can be made.

On the basis of analogue modeling experiences a method is described to determine the resistance of the structure and some possibilities of application are outlined mainly in bauxite exploration.

Minden oldalról nagyellenállású kőzetekkel határolt képződményben (pl. egy művelésre előkészített bauxitlencsében) végzett geoelektromos mérések során az AB -tápáramkör ellenállása nemcsak az elektródák földelésétől, hanem az elektromosan vezetők test ellenállásától is függ. A szerkezet ellenállásának ismerete a test geometriájára enged következtetni.

A dolgozat — analóg modellmérések tapasztalatai alapján — ismerteti a szerkezeti ellenállás mérési módszerének elvét, valamint foglalkozik a mért paraméternek elsősorban a bauxitkutatásban történő felhasználási lehetőségeivel.

Előzmények

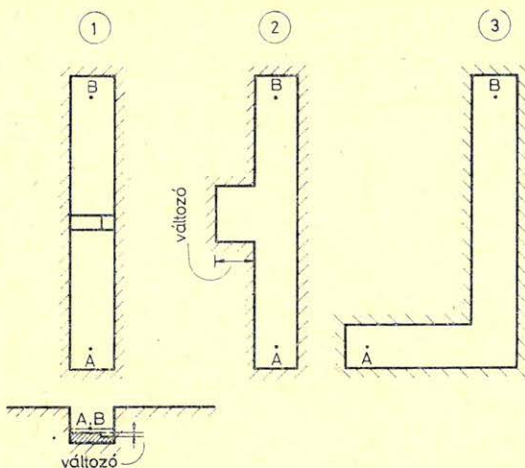
1982 tavaszán az *MTA GGKI* modellező laboratóriuma az *ELGI* számára a művelés alatt álló bauxitlencsében végzett potenciáltérképezés néhány értelmezési problémájának megoldására analóg modellméréseket végzett.

Az *1. ábrán* vázolt elnyúlt formájú szerkezeteket triász karbonátok határolják. (A bauxit alatti triász mészkő- és dolomitgerinceket, a töbör aljzatát a fúrások kutatás mellett a bauxit felszínéről geoelektromos módszerek segítségével térképezik fel. A potenciáltérképezés módszerénél a tápelektrodákat az ábrán láthatóan a bauxittest két szemközti végén helyezik el.) A modellmérések során azt tapasztaltuk, hogy a tápáramkör ellenállása a szigetelő oldalfalak nélküli esethez képest jelentősen megnőtt.

Az AB-kör ellenállása nagyellenállású képződményekkel körülrárt vezetők test felszínén

Az oldalfalak hatására történő ellenállásnövekedésnek egyszerű oka van. A potenciáltérképezés ideális esetében a kétréteges, szigetelő aljzatú, vízszintesen rétegzett féltér felszínén végzett mérések során az üledékes összlet elektromos

* MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézet, Sopron



1. ábra. Potenciáltérképezés tápelektrodáinak elrendezése elnyúlt formájú bauxittöbrökben

Рис. 1. Положения питающих электродов в методе потенциального картирования в длинных бauxитовых линзах

Fig. 1. Positions of feeding electrodes for the potential mapping method in elongated bauxite lens models

ellenállása nulla, mivel az áram vezetési keresztmetszete a rétegben végtelenül nagy. Ezért az AB -kör ΣR_0 ellenállását csupán az A és B elektrodák átmeneti ellenállása határozza meg. A szigetelő oldalfalak odahelyezésével az üledéknek az áram irányára merőleges keresztmetszete végessé válik, tehát a ΣR közellenállásban megjelenik az elektromosan vezető képződmény ellenállása is. Röviden ezt írhatjuk:

$$\Sigma R_0 = R_A + R_B \quad (1)$$

$$\Sigma R = R_A + R_B + R_{\text{szerk}} \quad (2)$$

(A kábel esetleges — ismert — ellenállásától eltekintünk.)

A geofizikában bizonyára ritkaság, hogy nem a fajlagos ellenállást, hanem a szerkezet R_{szerk} ellenállását használják fel értelmezési célra, hiszen R_{szerk} a fentiek értelmében általában nulla. A bauxittöbröbéli PM-mérések éppen a ritka esetek egyikét képviselik.

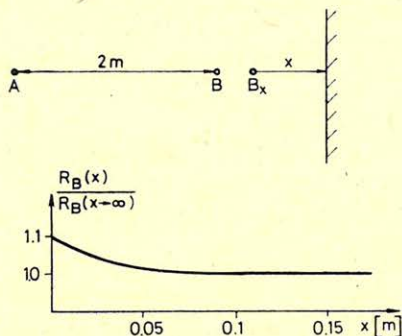
Mivel valamely szabálytalan alakú, elektromosan vezető test R_{szerk} ellenállása a fajlagos ellenállásnak és a test geometriájának függvénye, az R_{szerk} -ből elvileg következtetni lehet a test alakjára. Az ásványvagyon-számításnak éppen ez a feladata. Az összefüggések bonyolultak, de végül is az R_{szerk} ellenállás mérhető, konkrét és a fajlagos ellenállást, valamint a szerkezet geometriai alakját tükröző paraméter.

A továbbiakban néhány egyszerű modellmérést szántunk rá a probléma megoldására.

Körelenállás mérése modellkádban

Annak a megmutatásához, hogy a körelenállás a szerkezet geometriájával szoros kapcsolatban van, mindenekelőtt meg kellett határozni az A , B elektrodák közelében levő szigetelő oldalfalaknak az átmeneti ellenállásra gyakorolt hatá-

sát. A 2. ábrán bemutatottak szerint a nagy kiterjedésű sóoldat felszínén, egymástól távol elhelyezett elektródák egyikét függőleges, szigetelő oldalfalhoz közelítettük. A 2. ábra tapasztalati görbéjének értelmében a másik tápelektrodával ellentétes oldalra helyezett nagyellenállású oldalfal hatása már $x > 0,02 \cdot \overline{AB}$ esetén eltűnik. A szigetelő oldalfal hatása tehát nem jelentős.



2. ábra. Az átmeneti ellenállás változása a szigetelő oldalfaltól mért távolság függvényében

Рис. 2. Зависимость заземляющего сопротивления от дистанции от электрически изолирующей боковой стены

Fig. 2. Changing of the earthing resistance in function of the distance to the high resistivity sidewall

Keskeny, változó hosszúságú árokmodellek fölött megkíséreltük kimutatni a vezető test (a sóoldat) ellenállását. A 3. ábra szerint egy bizonyos \overline{AB} -távolságot meghaladón (amikor az átmeneti ellenállások összege elérte a $2,1 \Omega$ -os elméleti értéket, tehát már független az elektródák közötti távolságtól) a körellenállás az árok hosszával lineárisan változik.

A lineáris növekedést a töbör hosszából adódó ellenállásnövekedés okozza. A lineáris szakasz iránytangenséből az 1 m folyadékföld ellenállása $R_{\text{szerk}} \approx 0,50 \Omega$ -nak adódik.

Ez az érték a $\rho = 0,06 \Omega \text{m}$, $L = 1 \text{ m}$, $A = 0,6 \cdot 0,2 \text{ m}^2$ paraméterekkel számított $R = \frac{\rho \cdot L}{A} \approx 0,50 \Omega$ térfogati ellenállással megegyezik.

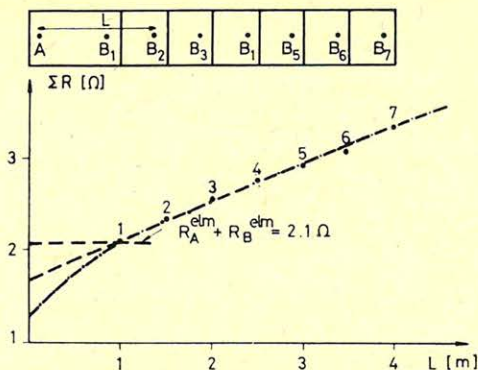
A szerkezeti ellenállás tehát megfelelően elhelyezett tápelektrodák közötti átmeneti ellenállásméréssel valóban megadható.

Az R_{szerk} meghatározásának elvi módszere

A szerkezeti ellenállás meghatározásához a gyakorlatban két nehézséget kell megoldani:

1. az AB -körben az R_{szerk} és az R_A , R_B külön-külön nem mérhető meg, csak a teljes ΣR körellenállás, és
2. az elektródák átmeneti ellenállását a gyakorlatban sok tényező befolyásolja.

A fémelektrodák átmeneti (vagy földelési) ellenállása elméletileg az elektródák alakjától, méretétől, valamint a közeg fajlagos ellenállásától függ [1]. Pél-



3. ábra. A ΣR körellenállás változása a többor hosszúságának függvényében

Рис. 3. Зависимость изменения сопротивления цепи ΣR от длины бокситовой линзы

Fig. 3. Changing of the circuit resistance ΣR in function of the length of the lens

dául a féltér felszínén elhelyezett félgömb alakú fémelektroda átmeneti ellenállása:

$$R = \frac{\rho}{2\pi r}. \quad (3)$$

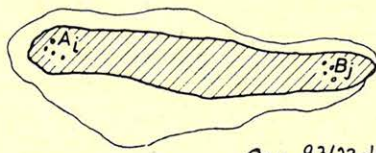
A ρ tényezőben az elektródának csak igen szűk környezetét kell figyelembe venni.

A gyakorlatban az átmeneti ellenállások bizonytalanságát egyrészt szisztematikusan, másrészt véletlenszerűen ható tényezők okozzák. (Véletlenszerűen ható tényezőkről beszélünk, ha a szóbanforgó közeg elfogadható mértékben homogén és az egyformára készített elektródák mért földelési ellenállása mégis különböző. Ezek többféle, pontosan nem ismert hatás együttesének következményei). Szisztematikus hibát okozhat például az a jelenség, hogy a felszínközeli fajlagos ellenállás a nedvességtartalom, a hőmérséklet függvényében változik. (Az erősáramú elektrotechnikában az átmeneti ellenállások ilyen jellegű hibáit részletesen kidolgozott és e módszernél is alkalmazható korrekciós tényezőkkel veszik figyelembe [2]). Szisztematikus eltérést hoznak létre a közeg helyi inhomogenitásai is, például ha valamelyik elektróda alatt felszínközeli kiemelkedő dolomitgerinc van. Tekintve, hogy gyors, belső módszert ajánlunk, az utóbbi jelenséget célszerű elkerülni.

A véletlen hibák kiküszöbölése céljából a szerkezeti ellenállás méréséhez 3–4 féle méretű, egyszerű geometriájú (félgömb, vagy félhenger alakú), azonos anyagból készült elektródasorozatot helyezünk el a vezető közeg felszínén, az elmúlt formájú bauxittöbör két végén, egymáshoz közel (4. ábra). Az elektródák átmeneti ellenállása $R_{A_i}^{elm}$, $R_{B_j}^{elm}$. A körellenállást mindegyik lehetséges $A_i - B_j$ párosításban megmérve azt tapasztaljuk, hogy

$$\Sigma R^{ij} = R_{A_i}^{mért} + R_{B_j}^{mért} + R_{szerk} \quad (4)$$

(3–3 elektróda esetében ez 9 feszültség- és áramerősségmérést jelentene).



Geo 83/23-4

4. ábra. A ΣR körellenállás mérése több $A_i - B_j$ elektródapár alkalmazásával

Рис. 4. Измерение электрического сопротивления цепи ΣR применяя несколько пар электродов $A_i - B_j$

Fig. 4. Measurement of the circuit resistance ΣR using several electrode pairs $A_i - B_j$

Ezután az $(R_{A_i}^{elm} + R_{B_j}^{elm})$ függvényében ábrázoljuk a $\sum R^{ij}$ értékeket.

Amint a (4) képletből is látszik, a mérés akkor a legmegbízhatóbb, ha az R_{szerk} eléri az átmeneti ellenállások nagyságrendjét. A terepen ez a feltétel az elektródasorozat méreteinek megválasztásával általában teljesíthető. (Egy $10 \text{ m} \times 10 \text{ m} \times 100 \text{ m}$ -es, $\rho = 10 \Omega \text{ m}$ fajlagos ellenállású négyzetes hasáb ellenállása a négyzetes lapokról történő árambetáplálás esetén $R = \rho \frac{L}{A} = 10 \Omega$,

a középső méretű, pl. félgömb alakú elektródák sugarának tehát $r = \frac{\rho}{2\pi R} = 0,16 \text{ m}$ -nek kell lennie).

Az átmeneti ellenállások bizonytalanságai miatt a mért és a számított átmeneti ellenállások nem egyeznek meg, de a 9–16 mérési pontból meghúzható a pontthalmaz kiegyenlítő egyenese. A keresett R_{szerk} értékét ennek az egyenesnek az ordinátametszete adja meg.

Az R_{szerk} és a bauxított geometriájának kapcsolata

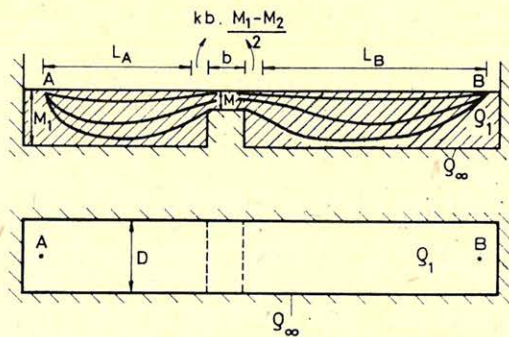
Az R_{szerk} tetszőleges alakú test esetén a ρ fajlagos ellenállástól és a test alakjától függ. Az R_{szerk} nincs egyértelmű kapcsolatban az elektromosan vezető ásványvagyon V térfogatával, de bizonyos alakú szerkezetekben, az általánosan előforduló aljzat- és oldalfalbeli inhomogenitások egyértelmű és pl. analóg modellezéssel jól meghatározható áramterelő hatással rendelkeznek.

Az elnyúlt formájú, külszíni bányatértségben az elektromos tér viszonylag egyszerű, mivel a két tápelektroda között ilyenkor közel homogén áramtér alakul ki.

A modellmérések azt mutatják, hogy ha a keskeny töbröt teljes szélességében egy sasbérc tölti ki, az R_{szerk} -kel jelölt szerkezeti ellenállást a töbörből képzületben kivágott és sorosan kapcsolt téglatest-ellenállások eredőjeként kaphatjuk meg. Az 5. ábra jelöléseivel

$$R_{szerk} \approx \frac{\rho \cdot L_A}{DM_1} + \frac{\rho \cdot b}{DM_2} + \frac{\rho \cdot L_B}{DM_1}$$

Megjegyezzük, hogy a számításhoz a ρ ismerete nem is szükséges, csak azt kell feltételezni, hogy a közeg átlagos AB -irányú vízszintes fajlagos ellenállása megegyezik a tápelektrodák környezetében ható értékekkel. Az ilyen, inhom-



5. ábra. A bauxittöbr-aljzat topográfiájának összefüggése az R_{szerk} ellenállással

Рис. 5. Связь между топографией дна бокситовой линзы и электрическим сопротивлением $R_{\text{структ}}$

Fig. 5. Connection between the basement topography of the bauxite lense and the resistance $R_{\text{structure}}$

gén medencealjzattal rendelkező elnyúlt töbrök esetében ez a módszer az ásványvagyonra alsó korlátot ad, ugyanis

1. a sasbércek fölötti kis keresztmetszetű szakaszok az R_{szerk} értékét számottevően megnövelik,
2. a vezető testnek azok a mélyedései, amelyekbe az áram az S -tartományban nem hatol be, az R_{szerk} kialakításában nem játszanak szerepet.

(Fúrások, vagy a geoelektromos mérések eredményeinek ismeretében a sasbércek hatása korrekcióba vehető, a becslés hibája csökkenthető).

Izometrikus szerkezetek esetén a határoló lapokban levő inhomogenitások hatása többirányú $A - B$ párok esetén magával a körellenállás-méréssel is kiküszöbölhető.

Összefoglalás

A szerkezeti ellenállás mérését a részletes geoelektromos mérések megkezdése előtt célszerű elvégezni. Az R_{szerk} ellenállás és a geometriai alakzatok kapcsolatának ismeretében egyrészt az ásványvagyonra nyerhetünk egy tájékoztató, alsó korlátot. Az ilyen ásványvagyon-meghatározás az egyéb, fúrásokon alapuló számítási módszerek mellett akkor lehet tehát jelentős, ha pl. a megadott alsó korlát is nagyobb az előre megbecsült ásványvagyonnál. A vártnál sokkal nagyobb R_{szerk} értékek a részletes geoelektromos módszerek által megkutatatandó nagyellenállású kiemelkedések jelenlétét előre jelzik. Az R_{szerk} ellenállás ismerete a teljesebb geofizikai információ birtokában a mérések egyfajta ellenőrző paramétereként is szolgálhat. A módszer előnye tehát abban van, hogy egy egyszerűen, gyorsan és olcsón elvégezhető méréssel a részletes felmérések előtt fizikailag megalapozott tájékoztató adatot nyújt a bauxittest geometriájáról.

A szerkezeti ellenállás meghatározása jólvezető lencsék kutatásában is hasznos lehet.

IRODALOM

- [1] Simonyi K., 1973. Villamosságtan. Akadémiai Kiadó, Budapest, 409 – 410.
 [2] Kádár, A., 1976. Erősáramú zsebkönyv. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1248 – 1253.

Egyesületi hírek

Prof. J. T. Weaver (Kanada) látogatásáról

1983. augusztus 29. és 31. között a Magyar Geofizikusok Egyesülete Országos Elnökségének meghívására Magyarországra látogatott Professor J. T. Weaver neves geofizikus, a Victoria-Egyetem (British Columbia, Kanada) Fizikai Tanszékének az elnöke. Weaver professzor neve elsősorban az elektromágneses numerikus modellszámítások elméleti alapjainak és módszertanának kidolgozása révén vált ismertté szakterületünkön. Jól ismert mint tudományszervező is. Főként a Nemzetközi Földmágnességi és Aeronómiai Asszociáció köszönhet az ő alapos rendezésének egy jól sikerült konferenciát 1982-ben az elektromágneses indukciós kutatások terén. Minthogy intézménye kezdeményező szerepet játszott a 60-as évek végén az elektromágneses fizikai modellezésben is (vezetője H. Dosso), a hazai kutatási érdekek képviselőjében az Általános Geofizikai Szakosztály javasolta a meghívást az Országos Elnökségnek.

Weaver professzor látogatása Sopronban, az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézetben kezdődött. Megismerkedett az intézet általános működésével és főként indukciós kutatási eredményeivel. Megtekintette az Elektromágneses Modell-Laboratóriumot és a Nagycenk melletti obszervatóriumot. Tanulmányozta a nagycenki Széchenyi kastélyban a Magyar Tudományos Akadémia megalapítójának, Széchenyi Istvánnak életét és munkásságát bemutató reprezentatív kiállítást.

Budapesten az Egyesület elnöke, Molnár Károly, hivatalában fogadta és Dr. Deres János főtítkárral együtt az Egyesület szervezeti felépítését és munkáját ismertette. Felhívták a vendég figyelmét az Egyesület nemzetközi rendezvényeire. Ezután Takács professzor részvételével a Geofizikai Kutató Vállalat geoelektromos kutatásainak néhány figyelemreméltó eredményét vitatták meg Nagy Zoltán osztályvezető bemutatásában.

Mind Sopronban, mind Budapesten – az Általános és Felszíni Geofizikai Szakosztály rendezésében – kérésünkre általános, az egész intézménye munkáját bemutató előadást tartott "Electromagnetic induction studies at the University of Victoria" címen.

Az előadás révén megismerkedhettünk Kanada Csendes-Óceán menti partvidékének sajátos földtani-tektonikai helyzetével (Juan de Fuca plate), amelynek lemeztektonikai kutatására új geofizikai projektet szerveznek EMSLAB címen kanadai és USA-beli kutatók. Érdekes modellszámítási és modellmérési eredményeket láthattunk az utóbbi végzését szolgáló berendezéssel együtt. Az előadó érintette a Pacific Geoscience Center sokoldalú vizsgálatait is, amellyel az Egyetem szorosan együttműködik. – A kölcsönös tapasztalatcsere bizonyára mindkét felet gazdagította.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Тот, Й.:</i> Комплексная интерпретация акустического цементлога	1
<i>Дереш, Я., Каннар, Т.:</i> Геологический, технический и экономический анализ вскрытия пласта при депрессии	12
<i>Тот, Й.:</i> Контроль за нагнетанием CO ₂ в скважину с помощью эксплуатационного зондирования	16
<i>Ч. Г. Форман, Ж. Караш, З. Надь, Б. Петерфай, И. Салоки, И. Зимани:</i> Эксперименты по использованию частотных зондирований для изучения тонкой структуры осадочных отложений	23
<i>Л. Сарка:</i> Аналоговое моделирование измерения электрического сопротивления в бокситовых телах	34
Обзор книг	11
Новости в общества Бенгерских геофизиков	40

CONTENTS

<i>J. Tóth:</i> Complex evaluation of acoustic cement bond log	1
<i>J. Deres, T. Kannar:</i> Geological-technical-economical analysis of perforating jobs performed under low hydrostatic pressure conditions in a well	12
<i>J. Tóth:</i> Control of CO ₂ injection by means of production well logging methods	16
<i>Mrs. Csilla G. Formán, Mrs. Zsuzsa Karas, Z. Nagy, B. Péterfai, I. Szalóki, I. Zimányi:</i> Experiments with the application of frequency soundings for the study of the fine structure of sedimentary formations	23
<i>L. Szarka:</i> Analogue modeling of electric resistance measurements in bauxite bearing bodies	34
Book reviews	11
News about the Association	40

MAGYAR GEOFIZIKA

A szerkesztésért felelős: Zelei András

A szerkesztőség címe: 1368 Budapest VI., Anker köz 1. Telefon: 429-754

Kiadja a Lapkiadó Vállalat 1073 Budapest, Lenin krt. 9-11. Telefon: 429-350. Levélcím: 1906 Budapest, Pf. 223.

Felelős kiadó: Siklósi Norbert igazgató

84.995. Állami Nyomda Budapest, Felelős vezető: Mihalek Sándor igazgató

Terjeszti a MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE

Egyesületi tagoknak tagdíj ellenében

Megjelenik évente hatszor

Index: 26 507

2,5

7

10,5

12

13

20

13,5

14

15

6,3

15,5

18

11,6

11,2

18

8

7

6

245,1

245,1

230

60%