

0362/4.

1977 JAN 1



2010

1107

MAGYAR

Geofizika



A MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE FOLYÓIRATA
BUDAPEST, 1968. IX. ÉVFOLYAM 2. SZÁM

MAGYAR GEOFIZIKA
a MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE folyóirata

IX. évfolyam

2. szám

Szerkesztőség

Magyar Geofizikusok Egyesülete
Budapest, V., Szabadság tér 17.
Telefon: 118-476

TARTALOMJEGYZÉK

Felelős szerkesztő

Dr. SEBESTYÉN KÁROLY

Szerkesztő bizottság

CZEGLÉDI ISTVÁN
Dr. POZSGAY KÁROLY
RÁDLER BÉLA
Dr. RENNERT JÁNOS

| | |
|---|------------|
| <i>Ádám Oszkár: A szeizmikus felszíni zavarhulámok (ground roll)</i> | 41 |
| <i>Király Ernő - Szabadváry László - Verő József: GE-40 típusjelű geoelektromos mélyszondázó berendezés</i> | 54 |
| <i>Jesch Aladár: Nagymélységű fúrások szelvényezése</i> | 60 |
| <i>Mészáros Ferenc: Különböző gamma-forrásokkal végzett szórt gamma-típusú szelvényezésről</i> | 69 |
| <i>Egyesületi hírek</i> | 53, 68, 80 |

Felelős kiadó

SALA SÁNDOR
igazgató

Index: 26 507

MAGYAR GEOFIZIKA

Felelős szerkesztő: Dr. Sebestyén Károly

Kiadja a Lapkiadó Vállalat, Budapest, VII., Lenin körút 9-11., Telefon: 221-293

Felelős kiadó: Sala Sándor igazgató

Terjeszti: **MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE**

Megjelenik évente hatszor. Megrendelhető egész évre 30,- Ft előfizetési áron, mely összeg a **MTESZ** 171.249-70. az csekkzámlájára fizetendő be. Egyesületi tagoknak tagdíj ellenében.

68.911. Állami Nyomda, Budapest



A szeizmikus felszíni zavarhullámok

(ground roll)

Á D Á M O S Z K Á R

A Szerző szeizmikusan néma területen egy zavarhullám kísérlet eredményeit ismerteti. Megállapítja a zavarhullámcsoporthullámkomponenseit és röviden válaszolja a zavarhullám mechanizmust.

A zavarhullám csoportban az energia nagyobb részét a hullámvezetőben terjedő SV hullámok viszik. A Rayleigh-fázisnak a szerepe kicsi, mert a robbantási mélység növelésekor amplitúdója gyorsan csökken.

A zavarhullám kialakulásának mechanizmusában legnagyobb szerepe a hullámvezető vagy vezetők paramétereinek és az SV hullámok 45°-os irányítottságának van, amelyek a konverzió nélküli visszaverődést elősegítik, illetőleg lehetővé teszik.

Излагаются результаты опытных работ, проведенных в сейсмически немой зоне для изучения волн-помех. Определяются составляющие группы помех и коротко описывается механизм образования последних.

В группе помех основная доля энергии приходится на волны SV, распространяющиеся в волнопроводящей среде. Фаза волны Релея не играет значительной роли, поскольку ее амплитуда резко убывает с увеличением глубины взрыва.

В механизме образования волн помех наибольшее значение имеют параметры волнопроводящей среды (или сред), а также направленность волн SV под 45°, способствующие отражению без конверсии.

Verfasser erläutert die Ergebnisse der Versuchsarbeiten, die in einer seismisch blinder Zone für die Untersuchung der Störwellen durchgeführt wurden. Es werden die Komponenten der Störwellengruppe bestimmt und der Mechanismus derselben kurz beschrieben.

In der Störwellengruppe nehmen die sich im Wellenleiter fortpflanzenden SV-Wellen den grösseren Anteil an der Energie. Die Rayleigh-Phase spielt keine bedeutende Rolle, da ihre Amplitude rasch mit der Erhöhung der Sprengungstiefe abnimmt.

Im Mechanismus des Entstehens der Störwellen sind von grösster Wichtigkeit die Parameter des oder der Wellenleiter, sowie die Orientierung der SV-Wellen unter 45°, welche eine konversionsfreie Reflexion begünstigen bzw. ermöglichen.

A Magyar Geofizikusok Egyesületének 1963. évi Szimpóziumán elhangzott előadásomban (Ádám 1964.) a hortobágyi néma területen végzett első kísérletről számoltam be. Az előadásban foglalt megállapítások nagyrészt ma is érvényesek, számos kisebb jelentőségű hiba származott azonban abból, hogy túl nagy szeizmométer közőket (40 m) választottunk, ezért a zavarhullámcsoporthullámjellegének változásai nem voltak egyértelműen meghatározhatók. Még az első kísérletekkel egyidőben egy közeli másik területen is hasonló kísérleteket végeztünk el, amelyet 1966-ban meg is ismételtünk. Ezeknél a kísérleteknél az előbb említett tapasztalatokat felhasználva már lényegesen több gondot fordítottunk a korreláció biztosítására. Ebben a dolgozatban ezekről a kísérletekről, illetőleg ezek eredményéről számolunk be.

A második kísérleti terület az ún. LSK-2 vonal egy rövid szakasza volt, amely a Hortobágy-1 mélyfúrás közelében található. Ez a vonalszakasz az AR-4 K (OKGT SZKÜ 1959) szeizmikus refrakciós vonal Ny-i végén helyezkedik el és mind az előző kísérletek, mind az LSK kísérletek eredményeként teljesen némának bizonyult. A felszín itt is teljesen sík, talán kissé mocsarasabb mint az előző LSK-1 területen.

A kísérleteknél ugyanazt a műszert és szeizmométer elrendezést használtuk, az 1966-os ismételt kísérletnél azonban a szeizmométer közöket 25 m-es köről 12 m-re csökkentettük. A felvételeket AGC nélkül szélessávú átvitelrel készítettük.

A zavarhullámok menetidőgörbéi és elmozdulási sebességtrajektorái

Az 1a ábrán egy minden részletében kidolgozott menetidőgörbét mutatunk be. Az 1b ábrán a szeizmogramot emeltük ki, hogy a korrelációs lehetőségeket is bemutassuk. A 2. ábra az első kísérlet 5 m-es robbantási mélységközönként felvett szeizmogramjaiból a beérkezések egymás között korrelációját mutatja $x = 145$ m távolságon. A hullámcsoportok mindkét felvételesoportból egyértelműen kijelölhetők voltak.

Amint a menetidőgörbéből látszik, a kezdeti hiperbola alakot 50 m-en túl az enyhén görbült szakaszok váltják fel, s ezek adnak lehetőséget az egyes hullámcsoportok szétválasztására.

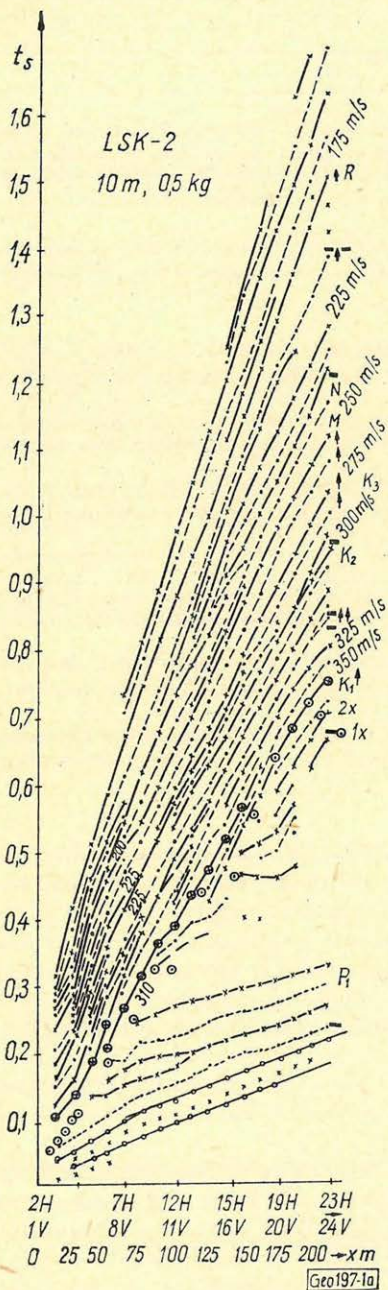
Az első (K_1) hullámcsoport közvetlenül a reflektált testhullámok után érkezik be. Látszólagos sebessége 275–350 m/sec között folyamatosan változik. A beérkezés amplitudója a későbbi zavarhullám összetevőköz képest kicsi; a terítés végén azoknak csupán egyötöde, egytizede.

A talajelmozdulás síkja a vertikálissal kb. 60°-ot zár be, lapos ellipszis, amely a vízszintes síkban végzett mozgással kezdődik, és folyamatosan fordul be az említett síkba. Anint a 2. ábrán látható, a különböző forrásmélységből felvett szeizmogramokon ez a hullámcsoport megvan, amplitudója azonban a lövés mélységétől függően változik.

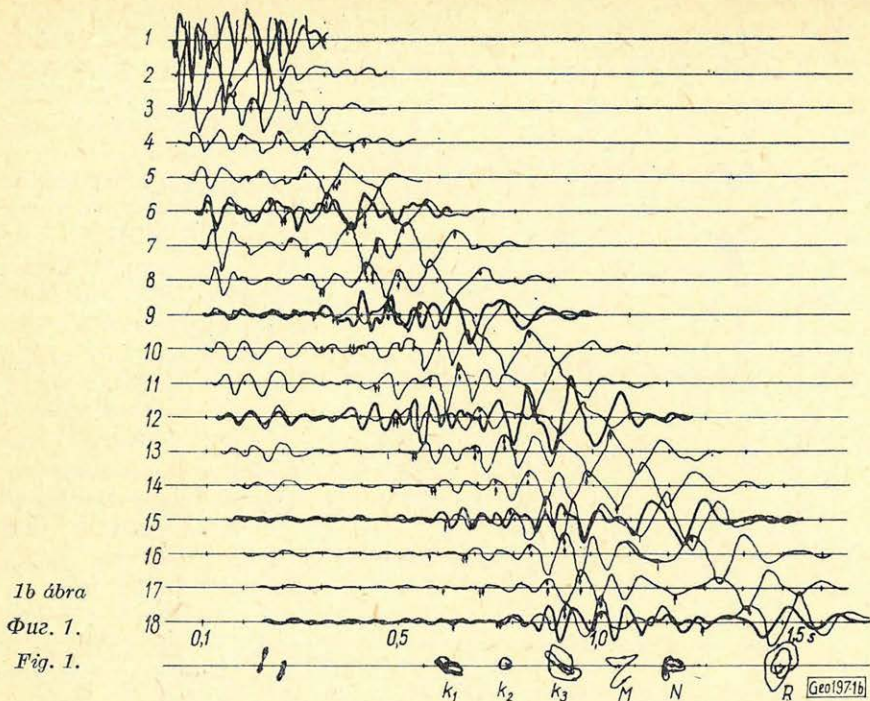
A második hullámcsoport a sebességtrajektorái alapján több összetevőre (K_2 ; K_3 ; M ; N) bontható fel. Tartama a terítés végén 0,525 sec.

A látszólagos sebesség a hullámcsoport elején 225–300 m/sec között, végén 200–225 m/sec között van. A K_2 hullám hirtelen beütéssel indul, az első ciklusban közel kör alakú előre forgó sebességtrajektoriával.

A következő K_3 ciklus ismét hirtelen amplitudó növekedéssel lép be, kezdetben vonalas, a vertikálisan 45–50°-ot bezáró, balról jobbra forgó trajektoriával, amely a vertikálisba vált át.



1a ábra



1b ábra
 Фиг. 1.
 Fig. 1.

Az *M* ciklus nagy vertikális elmozdulási sebességet jelez, míg az *N* kezdetben ismét horizontális, majd a vertikálisba beforduló trajektóriával jelenik meg.

Ez a hullámcsoport tehát azonos forgásirányú, de különböző beesési szögű hullámokat tartalmaz. A hullámcsoport képe, — amint a második ábrán látható — a 25 m mélységű lövésig lényegesen nem változik, illetőleg a hullámcsoportot lezáró nagy vertikális elmozdulási-sebességamplitudó folyamatos csökkenése figyelhető meg. A 25 m-ben felvett szeizmogramon már kisebb mértékű jellegbeli változás látszik.

A harmadik (*R*) hullámcsoport sebessége 150–170 m/sec között változik (az átmeneti zónában 190 m/sec is van).

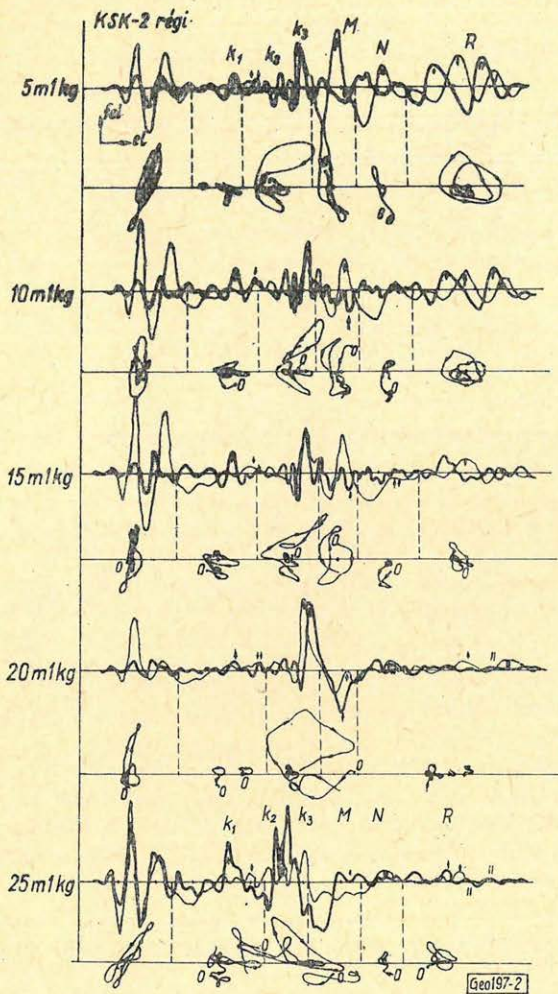
A sebességtrajektória hátrafelé, azaz jobbról-balra forog. Az 1b ábrán, az utolsó csatornán ábrázolt kép azonban nem teljesen egyértelmű, mert az ellipszis előre dől. A 2. ábrán a hullám eltűnése a robbantási mélység változásával világosan megfigyelhető.

Felszínközeli rétegsor tanulmányozása

A felszínközeli rétegsor tanulmányozását a szokásos kisrefrakciós méréssel és gyutaccsal végrehajtott lyukszelvényezéssel végeztem el.

A kisrefrakciós mérések eredményeit a 3. ábrán mutatom be. A kezdeti beérkezések gyors csillapodásából világosan kitűnik, hogy a felszínközeli egy vékony nagysebességű pad van, amelyet egy kisebb sebességű közeg határol alulról. A robbantópont földtani szelvénye szerint az előbbi kemény anyag,

míg az utóbbi szürke, vízzel telített homok. A legfelső és nagyobb sebességű rétegből világosan értékelhető menetidőgörbét nem kaptunk, a beérkezések gyorsan csillapodtak. Kb. 20 m mélységben 1450 m/sec-os, 32 m mélységben 2170 m/sec-os határfelületről származó beérkezések voltak értékelhetők.



2. ábra Фиг. 2. Fig. 2.

vastag 1920 m/sec sebességű réteg alatt 1120 m/sec sebességű réteg helyezkedik el. Az S hullámokra nézve a felső 9 m vastag 400 m/sec sebességű összlet alatt 17 m-ig 200 m/sec-os és az alatt egy 475 m/sec-os réteg helyezkedik el.

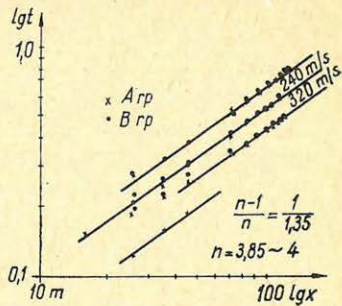
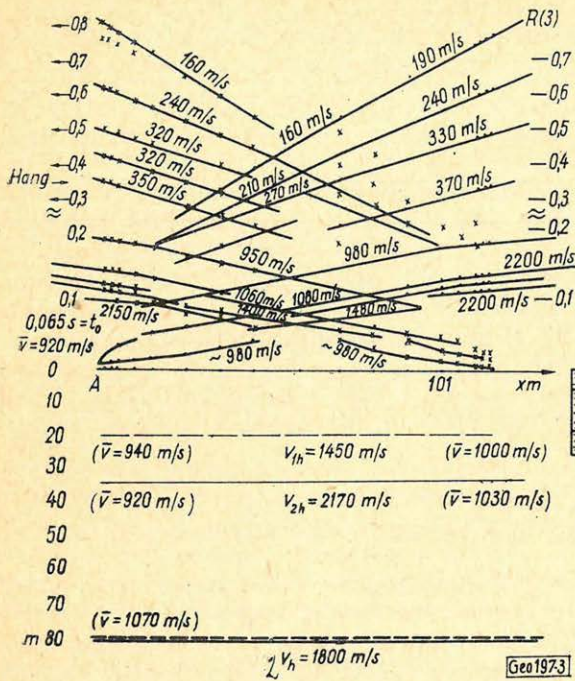
A szelvényezés során a sebességtrajektoriókat elemezve, amint a 4. ábrán látható, ugyanazokat a hullámtípusokat lehetett felismerni, mint amelyek a zavarhullámcsoportban is előfordulnak, de azzal a különbséggel, hogy a lyukközeli csatornákon hátraforgó trajektoriókat is találunk, amelyet az előreforgó trajektoriójú mozgások követnek.

A hang után beérkező hullámcsoportban három hullámtípus különíthető el, az első hullámcsoport látszólagos sebessége 270 m-től 320 m/sec-ig változik és sebességtrajektoriója előreforgó lapos ellipszis. A második hullámcsoport látszólagos sebessége 210 m-től 230-240 m-ig változik. A sebességtrajektoria előreforgó, közel függőleges tengelyű ellipszis.

A harmadik hullámcsoport, időben a leghosszabb, kezdetben 160 m/sec, a térítés második részében 190 m/sec látszólagos sebességgel jelentkezik. A sebességtrajektoria hátrafelé dőlő (35°) ellipszis.

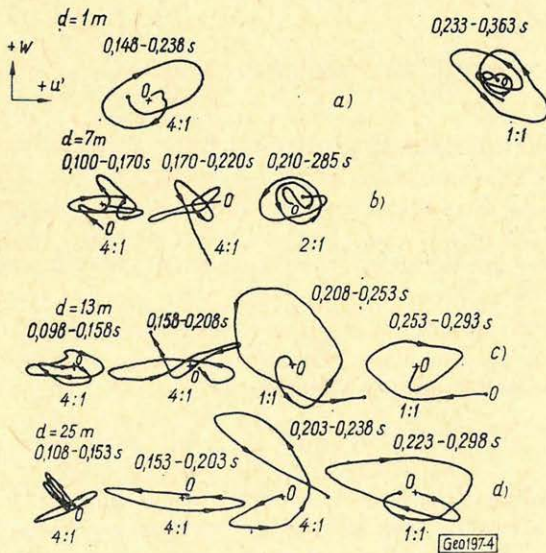
A kisrefrakciós felvételben tehát nemcsak a felszínközeli rétegsor inhomogenitásáról kapunk felvilágosítást, hanem a zavarhullám három típusa is felismerhetővé vált.

A lyukszelvényezési adatok kétségtelenül bizonyítják a felső 25 m inhomogenitásait. Az észleléseket vertikális és horizontális szeizmométerekkel együttesen végezve és a későbbi beérkezéseket is figyelembe véve megállapítható, hogy a P hullámra nézve a felső 9 m



Sárga agyag
 Szürke homok
 Szürke, kemény, agyagos homok
 homokkő padokkal

3. ábra Фиг. 3. Fig. 3.



4. ábra Фиг. 4. Fig. 4.

A zavarhullámfelvételek menetidőgörbéjének, a kisrefrakciós felvétel, valamint a lyukszelvényezés eredményeinek figyelembevételével a következők állapíthatók meg:

- egy hullámcsoporthoz látszólagos sebességének növekedése az észlelési távolsággal;
- az elmozdulási sebességtrajektória vonalas, illetőleg előreforgó jellege az első két hullámcsoporthoz, hátraforgó jellege a harmadik csoportban;
- az első két hullámcsoporthoz egyes összetevőinek ($K_1 - N$ fázisok) jellege nem változik (legalábbis lényegében nem változik) a robbantási pont mélységének változtatásával. A harmadik csoport amplitúdója a forrás mélységével gyorsan csökken.
- mind a kisrefrakciós, mind a lyukszelvényezési mérési adatok azt bizonyítják, hogy a felszínközeli rétegsor hullámvezetőre utaló sebességeloszlással rendelkezik.

A vertikális síkban polarizált transzverzális hullámok

A hullámok jellegének felismerhetőségét az elmozdulási vagy elmozdulási sebességtrajektóriák biztosítják. A szabadfelszínre j_0 beesési szöggel érkező SV hullámok sebességtrajektóriáit az emergencia szög és a felszíni rétegsorban uralkodó V_P és V_S sebességek hányadosának az értéke határozza meg. (Nuttli 1961, Meissner 1965, Malinovszkaya 1958). Attól függően, hogy

$$j_0 > \arcsin \frac{V_S}{V_P}$$

különböző jellegű trajektóriákat észlelünk. Ha a $j_0 < \arcsin \frac{V_S}{V_P}$, a trajektória

vonalas és a vízszintes síkban vagy ahhoz közel mozog. Ha a $j_0 > \arcsin \frac{V_S}{V_P}$ (azaz a P komponens i_0 visszaverődési szöge képzetes) akkor ellipszis alakú trajektóriát kapunk, mégpedig j_0 értékétől függő forgásirányút.

Ha $j_0 < 45^\circ$ akkor a trajektória hátrafelé forog (a forráspont felé), míg a $j_0 > 45^\circ$ esetén előreforg, 45° -nál és 90° -nál csak vertikális elmozdulást észlelünk. Ez utóbbi eset jellemzője, hogy a visszaverődés – minthogy i_0 imaginárius – konverzió nélkül következik be, azaz SV hullám beesése esetén P hullám nem keletkezik.

Meissner (1965) és Malinovszkaya (1958) részletes analíziséből az is kiténik, hogy az elliptikus mozgás kezdetét meghatározó kritikus szög a Poisson-hányados növekedésével mind kisebb lesz.

Pl. $\sigma = 0,475$ -nél $j_0 \cong 20^\circ$ körül van.

Az egyes hullámcsoporthoz a fentiek értelmében kell minősítenünk. Figyelembe kell azonban vennünk, hogy szeizmométereink sebességmérők és nem elmozdulásmérők, s ez a trajektóriák tagoltságára van elsősorban kihatással (Omote és társai; 1958).

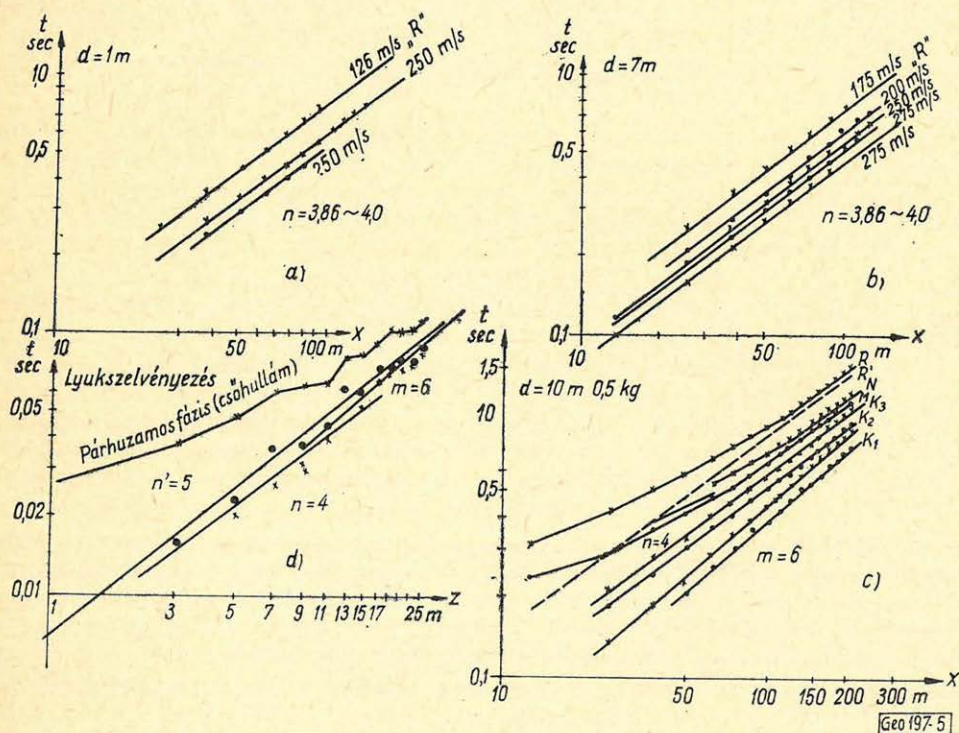
A 2. és 3. ábrákon világosan elkülöníthetők a vízszintes vagy közel vízszintes mozgásból a vertikálisba forduló többé-kevésbé ellipszis alakú trajektoriak. Ez a jelleg egyértelműen a $K_1 - K_2 - K_3$ és MN fázisokon ismerhetők fel. Ezek a fázisok tehát olyan SV hullámokat képviselnek, amelyeknek az emergencia szöge az idővel nő és a sugár mindinkább megközelíti a szabad felszínt ($j_0 > 45^\circ$).

A gyutacsos lyukszelvényezésnél a lyukközelségben észlelt, és a normális töltetnagysággal készített, de a lyuktávolban észlelt sebességtrajektoriak között az a lényeges különbség figyelhető meg, hogy amíg a lyukközelségben a trajektoriak forgása kis időknél hátrafelé irányul és csak ez után alakul ki előreforgó trajektória, addig lyuktávolban csak előreforgó mozgást észlelünk. Ez a tény az emergencia szög változásával az előzőek értelmében könnyen magyarázható.

Az emergencia szög folyamatos változását jelzik a görbült menetidőgörbék is, azaz hullámvezetésre utalnak. Az SV hullámvezetést jellegére vonatkozó összefüggéseket ezekből származtatunk le.

Brekhovskikh (1960) szerint hullámvezetőben a törésmutató $n(z) = \frac{V(z)}{V_0}$

mélységfüggő. Ebben az esetben a forrást nagy szöggel elhagyó sugarak, a kilépési szögtől függően, meghatározott távolságban visszatérnek a forrás szintjére, vagyis a szeizmológiában ismert R_g és L_g fázisokhoz hasonló jellegű, különböző behatolási mélységekkel jellemzett, hullámesoportok alakulnak ki. Ezt a hullám-típust hazai vonatkozásban ismerjük és Kilényi (1964) az elmúlt években részletesen foglalkozott a kérdéssel.



5. ábra Фиг. 5. Fig. 5.

A menetidőgörbék, amelyeket az 1a ábrán láthatunk, szélesedésükkel, újabb- és újabb fázisok megjelenésével, valamint görbült jellegükkel arra utalnak, hogy a rétegsorban a sebesség a mélységgel változik. Ez a lyukszelvényezésből is kitűnik, azonban abban a sok nagysebességű, vékony pad az értelmezést megnehezíti. A menetidőgörbék alapján a következőkben olyan modellt állítunk fel, amely jó közelítése a valóságos sebesség eloszlásnak és bizonyos mértékben választ ad a zavarhullám mechanizmusra is.

A hullámvezető modelljét a már többször használt $V(z) = Az^{\frac{1}{n}}$ sebességfüggvény segítségével építjük fel. E függvény egyik előnye, hogy a felszínközeli gyors sebességváltozást illetőleg a gradiens gyors csökkenését jól megközelíti, mivel

$$\frac{dV(z)}{dz} = \frac{1}{n} Az^{-\left(\frac{n-1}{n}\right)} \quad (1)$$

és e függvény felhasználási lehetőségét már (Ádám – Kilényi 1963) bizonyítottuk.

A hullámvezető jellegből következik, hogy az észlelési pont távolsága (x) és a beérkezési idő (t) és az egy ciklus hossza (X), valamint ideje (T) között a következő összefüggésnek kell fennállnia:

$$x = NX \pm \frac{n}{A^n P^n} \int_0^{\theta} \sin^n \theta d\theta \quad (2a)$$

$$t = NT \pm \frac{n}{A^n P^{n-1}} \int_0^{\theta} \sin^{n-2} \theta d\theta \quad (2b)$$

ahol $p = \frac{1}{V^x}$ és

$N = 1, 2 \dots \dots \dots$ stb. mindig egész szám. Felszíni lövésnél az integrál értéke zérus.

Az egyes hullámcsoportok menetidőgörbéit tehát a függvénynek megfelelően, log-log koordináta rendszerben ábrázolva (5. ábra) minden beérkezéscsoporthoz meghatározhatók a sebességfüggvény paraméterei (A, n). Ezek kiszámításánál azonban figyelembe kell vennünk a hullámvezető jellegből adódó többszörözést. Ezeket a számításokat különböző mélységből észlelt hullámcsoportokra elvégezve a következő eredményeket kaptuk:

Felszíni és felszínközeli méréseknél csak $n = 3,86 - 4,0$ hatványkitevőjű sebességfüggvény volt meghatározható. Ezt az értéket, amint a (2) egyenletekből látszik, a többszöröződés nem befolyásolja. Az „ A ” értéke azonban a többszörözés számának a függvénye. Tehát az „ A ” érték kiszámításánál többszöri közelítéssel lehet csak eljutni ahhoz a feltételhez, hogy az $N = 1, 2 \dots \dots$ stb. egész szám. Ezt a számítását a három felszíni vagy felszínközeli menetidőgörbére elvégezve a felső réteg a következő sebességfüggvénnyel jellemezhető:

$$V_1(z) = 143 - 165 Z^{1/4}$$

Közepelve:

$$V_1(z) = 154 Z^{1/4}$$

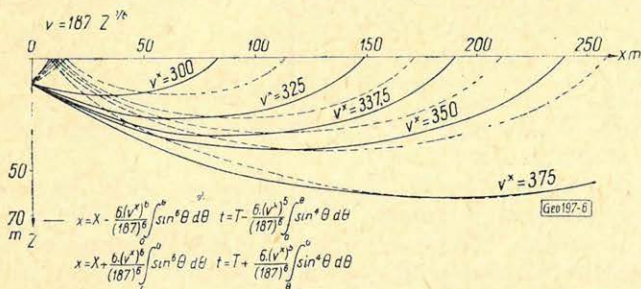
A sebességfüggvény intervalluma azonban problematikus, tény, hogy a felszíni vagy felszínközeli kis töltetű lövésekből származó hullámok maximális behatolási mélysége 7–8 m.

A 10 m-nél mélyebb lövésekből a K_1 fázis is világosan követhető. Logaritmikusan koordináta rendszerben ábrázolva a menetidőgörbét a hatványkitevő nagyobb mint a felszíni lövéseknél volt, $m = 6$.

A K_1 fázis adataira is elvégezve a számítást, a feltételek egyenletek figyelembevételével

$$A_2 = 187/\text{sec-ot}$$

határoztunk meg. Ez a hullámcsoport, amint a 6. ábrán látszik, a felszínről



6. ábra Φ uz. 6. F ig. 6.

egyszer visszaverődött hullámoknak felel meg. A fentiek értelmezésénél figyelembe kell venni, hogy a direkt-hullám menetidőgörbéből meghatározott sebességfüggvény (Ádám, Kilényi, 1963) abban az esetben, ha két jól definiált rétegösszlet különíthető el, a két összlet határfelületének közelében tér el legjobban a tényleges sebességviszonyoktól, míg a határfelület alatt vagy felett jól simul azokhoz. Ezek szerint a felszíni, vagy felszínközeli lövésekből elsősorban az a $V_1(z)$ határozható meg, amelynek kialakításában a felszíni rétegsor dominál, míg a mélyebben végzett lövések eredményeként kapott $V_2(z)$ függvényben a mélyebb rétegek sebességeloszlásának a hatása az uralkodó.

A mélyebb lövéseknél kijelölt K_2 és K_3 fázisok menetidőgörbéi szintén $n = 4$ hatványkitevővel jellemezhetők. Mindkét hullámcsoportra azonos sebességfüggvény volt meghatározható, ha a 2-es egyenletek figyelembevételével az egyiknél háromszoros a másiknál pedig négyszeres reverberációt tételeztünk fel.

A mélyebb lövéseknél észlelt MN jelű hullámcsoportok értelmezése lényegesen nehezebb feladat, mint az előzőek voltak. A terítés végén ($x = 212,5$ m) a látszólagos sebesség értéke 225–250 m/sec között változik, a közeli értékek pedig a 200 m/sec-ot közelítik meg. A menetidőgörbe pedig log-log koordináta rendszerben nem közelíthető meg egyenessel, holott a lineáris koordináta rendszerben való ábrázolásakor a görbült jelleg világosan felismerhető. Ahhoz, hogy a hullámcsoport mibenlétét meghatározzuk, két tényezőt kell figyelembe vennünk:

a) $d = 10$ m mélyen elhelyezett forráspontból $V^x = 225 - 250$ m/sec látszólagos sebességű hullám nem keletkezhet, mivel e hullámok behatolási mély-

sége nem éri el a forráspont mélységét, amelyet pedig a Snellius-törvény értelmében el kell érnie. A 250 m/sec látszólagos sebességű hullám bemerülési mélysége 7 m , a 225 m/sec -é pedig $4,7 \text{ m}$. Míg az előbbire, azaz az M hullámra feltételezhetjük, hogy a 7 m még az ekvivalens üregeken belül van, addig a 225 m/sec látszólagos sebességhez tartozó behatolási mélység túl kicsi ahhoz, hogy abba beleessen.

b) A forrásmélységében való keletkezést azonban még az első M hullám esetében is cáfolja az, hogy a menetidőgörbe a logaritmikus koordináta rendszerben is görbült (konvex). A görbültség egyszerűen magyarázható, ha feltételezzük, hogy azt a t_0 állandó idő hozza létre, mivel (Ádám, Kilényi, 1963)

$$t = t_0 + \frac{n\pi^{1/2}}{A} \Gamma_t \left(\frac{x}{n\pi^{1/2}\Gamma_x} \right)^{\frac{n-1}{n}}$$

logaritmálásakor egy magasabbrendű parabolát kapunk. Ha az összefüggést

$$t - t_0 = \frac{n\pi^{1/2}}{A} \Gamma_t \left(\frac{x}{n\pi^{1/2}\Gamma_x} \right)^{\frac{n-1}{n}}$$

formában írjuk fel, akkor egyenest kell kapnunk, amelynek dőlése megegyezik az eddig meghatározottakkal.

Míndez azt jelenti, hogy az $M = N$ fázisokat tartalmazó hullámcsoport egy másodlagos forrásból keletkezik. E forrás szintje a felszín, létrehozója kis töltetegnél „*víz*hullám” vagy „*cső*hullám” (White és Sengbush 1953), nagyobb töltetegnél pedig a lyuk tengelyében terjedő SV hullám.

A t_0 , azaz a lyukhullám beérkezése a $d = 10 \text{ m}$ -es lövés első csatornáján $0,080 - 0,100 \text{ sec}$ -nél jelenik meg. Ha ezt korrekcióba vesszük, azaz a gerjesztést a felszínre helyezzük, a felszínközeli rétegsornak megfelelő menetidőgörbét kapunk.

A vertikális gyutacsszelvényezési menetidőgörbe néhány – az SV hullámokra vonatkozó – fázisát az $5d$ ábrán mutatjuk be. Az első két fázis egyenesekkel közelíthető meg, dőlésük $n = 4$ és $m = 6$; vagyis ugyanazok, mint amelyeket a horizontális menetidőgörbékben is kaptunk. A két sebességfüggvény az ordináta metszetekből:

$$V_1(z) = 185 z^{1/4}$$

illetőleg

$$V_2(z) = 215 z^{1/6}$$

azaz látszólag nagyobb a közegek sebessége, mint amelyeket a direkthullám menetidőgörbéből határoztunk meg. Ez a látszólagos ellentmondás azonban feloldható, ha figyelembe vesszük a nagysebességű homokkőpadok hatását, amelyeket mind a menetidőgörbe, mind a rétegszelvény is kimutatott.

Az előzőek értelmében megállapítható, hogy a zavarhullámok első nagyintenzitású csoportja, amelyet a vertikálisan polarizált transzverzális hullámok építenek fel, hullámvezetőben terjed. A hullámvezető azonban az egyes összetevőkre vonatkozóan nem ugyanaz:

a K_1 fázis hullámvezetője $V = 187 z^{1/6}$ sebességfüggvénnyel jellemezhető, amelynek érvényességi tartománya $z > 10 \text{ m}$ -el adható meg.

A $K_2 - K_3 - M - N$ fázisok hullámvezetője $V = 154 z^{1/4}$ sebességfüggvénnyel írható le, amelynek érvényességi tartománya $0 < z < 20 \text{ m}$.

A második csoport egyes fázisai más-más forráspontban keletkeznek. Így a $d = 10$ m-es robbantásnál a K_2 és K_3 fázisok a forráspontjában, míg a MN a felszínen.

A Rayleigh hullám, vagy R fázis a felvételeken a gerjesztés mélységétől függően jelenik meg. Ez a fázis a geometriai optika módszereivel kevésbé tanulmányozható, mint az előző MN fázisok, amelyek a határesetet képezték (Ádám 1967). Ennek ellenére, a mélyebben elhelyezett forráspont esetén az R fázis menetidőgörbéit tanulmányozva megállapítható, hogy az enyhén görbült menetidőgörbe (látszólagos sebesség $150 - 170$ m/sec között változik, esetenként a 190 m/sec-ot is elérve) logaritmikus koordináta rendszerben konvex és $t_0 = 0,080 - 0,100$ sec-os korrekciót kell alkalmazni, hogy kiegyenesedjék. Az R fázis log-log koordináta rendszerben a $d = 1$ és $d = 7$ m mélységből felvett, valamint a kisrefrakciós menetidőgörbén, $n = 4$ paraméterű egyenessel közelíthető meg (3. és 5. ábra). Első közelítésben tehát állíthatjuk, hogy ez a hullámcsoport abban a felső 9 m vastag hullámvezetőben marad, amelynek jellemző sebességfüggvényeül $V = 154 z^{1/4}$ -t határoztunk meg.

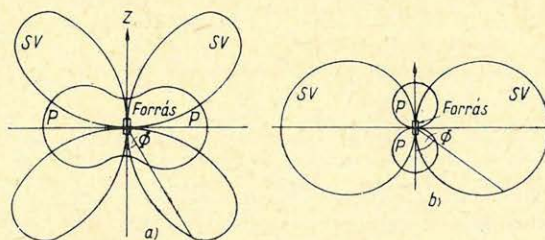
Így mind a mélyebb, mind a sekélyebb lövésekből származó menetidőgörbék azt indikálják, hogy ez a fázis is a forrás felett, nagyobb töltetknél az SV hullámok reflexiójaként keletkezik.

A látszólagos sebesség növekedése a hullám bemerülési mélységének változását jelzi.

A zavarhullám-mechanizmus

Az előző fejezetek értelmében a zavarhullám mechanizmusban a közeg transzverzális sebesség eloszlása és a gerjesztés játsza a legfontosabb szerepet. A következőkben a gerjesztés körülményeit vizsgáljuk.

A mélybeli forrás: a szeizmikus robbantások hengeres fúrólyukban történnek. A hullámforrás matematikai problémájának tárgyalásánál általában gömbalakú üreg falára egyformán ható erőhatást tételezve fel, a közegben terjedő hullám gömbszimmetrikus, minden érték független a szög koordinátáktól, a nyírás-hullámok hiányzanak és csak a radiális komponenseknek van szerepe. A szeizmikus hullámkeltés gyakorlati problémáit Sharpe (1942), Ricker (1953), Peet (1960) eszerint tárgyalták. Heelan (1953) az előző szerzőkkel szemben hengeralakú töltetmodellt és háromirányú nyomást, illetőleg feszültségeloszlást tételezve fel, oldotta meg a hengerkoordináta rendszerben felírt egyenleteket. Ezeket megoldva az egyes hullámkomponensek amplitudófüggvényeinek vizsgálata alapján a (7. ábra) a következők állapíthatók meg: az SV és P elmozdu-



7. ábra

Фиг. 7.

Fig. 7.

Pés SV amplitúdók változása a ϕ szöggel, ha csak $p(t)$ nyomáshat a lyuk falára.
 $F_1(\phi)$ és $F_2(\phi)$ együtthatók

Pés SV amplitúdók változása a ϕ szöggel.
Csak a $q(t)$ nyírófeszültségek hatnak a forrásnál.
 $G_1(\phi)$ és $G_2(\phi)$ együtthatók

Geo 197. 7

lások amplitudója független a nyomás, illetőleg nyírófeszültség alakjától, de az iránytól nem. Ha csak a lyuk falára ható nyomást vesszük figyelembe, azt látjuk, hogy a P hullámok horizontális irányítottságúak az SV hullámok elmozdulás komponensének max. értéke pedig 45° -ot zár be a vertikálissal (7a ábra).

Ha pedig csupán a nyírófeszültség hatását vizsgáljuk azt találjuk, hogy a P hullámok a „z” tengely mentén, az SV hullámok pedig a horizontális síkban irányítottak (7b ábra).

Az előzőek figyelembevételével a forrás helyén gerjesztett zavarhullám-csoport mechanizmusa egyszerűen magyarázható. Sebesség gradienssel gerjesztett közegben az energia nagy részének 45° -os irányítottsága magában foglalja a nagyenergiájú vezetett hullámcsoport kialakulási lehetőségét; ez kísérleteinknél a K_1 K_2 és a K_3 fázisokban jelentkezett. Ezek, a menetidőgörbék szerint, a forrás pontjában keletkeztek. A K_1 K_2 és K_3 fázisok a felfelé irányuló sugarat képviselik. Mivel az SV hullámok energiája 45° szög környezetében összpontosul, megvan minden lehetőség arra, hogy az energia nagyobb része a felszínre már – a legfelső rész nagyobb sebessége is elősegíti ezt – olyan szöggel érkezék, amelyre $j_0 > \arcsin \frac{V_s}{V_p}$, s az ilyen hullám konverzió, illetőleg veszteség nélkül verődik vissza a felszínről.

Felszínen keletkeznek a hullámcsoport MNR fázisai, mégpedig kistölteteknél a víz- vagy esőhullám, nagyobb töltetknél az SV hullám felszínre érkezésekor.

A vízhullám felfelé haladva a közbeeső határfelületen, majd a szabadfelszínen is reflektálódik; és a szabadfelszínen a vezetett hullámok új csoportját is létrehozza. A felszín vertikálisan érő pontszerű erő P és SV hullámokat hoz létre (White, 1965). A tangenciális elmozdulásnak két esete van, aszerint, hogy $\arcsin \frac{V_s}{V_p} \leq j_0$ -nál. Ha a képződött hullám emergencia szöge $j_0 > \arcsin \frac{V_s}{V_p}$ -nél, akkor a transzverzális hullám frekvenciától független amplitudóval ugyan, de a beeső hullámhoz képest fáziskülönbséggel indul és minthogy ez a hullám továbbra is ilyen szög alatt éri a felszín, onnan mindig konverzió, azaz veszteség nélkül verődik vissza.

Következtetések

A zavarhullám felvételmanalízis kétségtelenül igazolja, hogy területünkön a zavarhullám nem Rayleigh-hullámokból és ennek módosulataiból, hanem a vertikális síkban polarizált SV hullámokból áll s a Rayleigh-hullám szerepe, ha egyáltalán megjelenik, elhanyagolható.

Allítható továbbá, hogy az egyes SV hullámcsoportok más-más hullám-vezetőben terjedő, a felszínről többszörösen reflektált, direkt hullámokból állnak, amelyeknek tartamát a hullámvezetőket alkotó rétegsor sebességgradiense határozza meg.

A zavarhullámok SV hullámcsoportjának összetevői, a felszínközeli rétegsor transzverzális sebességeloszlása következtében más és más forráspontból származnak.

A $K_1 - K_2 - K_3$ fázisok a robbantás pontjában gerjesztődnek, az MN fázisokat a felszínen visszaverődő vízhullám, illetőleg a közel vertikálisan terjedő SV hullám reflexiója hozza létre.

A zavarhullámcsoport „R” fázisának behatolási mélysége a vizsgált intervallumban az észlelési távolsággal növekszik. Ez a fázis ugyanúgy a felszíni forráspontban keletkezik, mint az SV hullámcsoport $M - N$ fázisai.

A zavarhullám mechanizmus lényeges eleme – hengeres fúrólyukban – az SV hullámok 45° -os irányítottsága, valamint az, hogy a felszíni rétegben a V_S és V_P nagy sebességkülönbsége miatt az SV hullámok már kis beesési szögnél is konverzió, azaz veszteség nélkül verődnek vissza. A veszteség nélküli visszaverődéshez szükséges kritikus emergencia szög kialakulását a felszíni rétegben a nagyobb sebességérték is elősegíti.

IRODALOM

- Brekhovskikh L. M.* 1960: Waves in layered media. Academic Press New York and London.
- Ewing W. M., Jardezky W. S., Press F.* 1957: Elastic waves in layered media Mc Graw-Hill Company.
- White J. E.* 1965: Seismic waves; radiation, transmission and attenuation, Mc Graw-Hill Co.
- Ádám O.* 1964: Szeizmikus felszíni zavarhullámok (ground roll) dinamikai vizsgálata. Magyar Geofizika 5. kötet. 1–2. szám
- Ádám O., Sz. Kélényi É.* 1963: Közelítő sebességfüggvény meghatározása refrakciós menetidő-görbékéből. Geofizikai Közlemények 12. kötet, 3–4. szám.
- Hagedoorn J. G.* 1962: In pursuit of the errand seismic pulse. Geophysical Prospecting 10. kötet, 2. sz.
- Heelan P. A.* 1963: Radiation from cylindrical source of finite length. Geophysics 18. kötet, 3. sz.
- Sz. Kélényi É.* 1964: A refrakciós későbbi beérkezések felhasználása a gyakorlati szeizmikus kutatásban. Geofizikai Közlemények 13. kötet, 4. sz.
- Malinovskaya H. H.* 1958: The dynamic features of totally reflected transverse waves. Bulletin (Izvestiya) Academy of Sciences USSR. Geophysics series 2. sz.
- Meissner R.* 1965: P and SV waves from uphole shooting. Geophysical Prospecting 13. kötet, 3. sz.
- Nuttli O.* 1961: The effect of the earth's surface on the S wave particle motion. Bulletin of Seismological Society of America 51. kötet, 2. sz.
- Omote, Komaki Sh., Nakajima M.* 1958: Seismic wave-types in a sand layer near a small explosion. Bulletin of the Earthquake Research Institute. 36. kötet.

Hírek

Kedves Tagtársunk!

Minden szakembernek, aki lépést akar tartani a gyors fejlődéssel, rendkívül fontos a kapcsolódó iparágak és tudományok új eredményeinek megismerése.

A Műszaki Élet, az MTESZ központi lapja eddig is ezt kívánta szolgálni, amikor átfogó képet törekedett adni a világ és országunk műszaki haladásáról, a gazdaság és a technika összefüggéseiről.

Ennek érdekében közli a lap rendszeresen és teljes részletességgel az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság által kidolgozott tanulmányokat, fejlesztési koncepciókat is, amelyek nép-gazdaságunk fejlesztésének tudományos-műszaki megalapozását szolgálják és rendkívül érdekes képet adnak a legfontosabb irányzatokról. Az új gazdasági mechanizmus körülményei között ezeknek az anyagoknak az ismerete újszólván nélkülözhetetlenné válik.

A Műszaki Élet rendszeresen tájékoztat az MTESZ és a tudományos egyesületek életéről, a műszaki értelmiséget érintő eseményekről.

Felhívjuk ezért Tagtársaink figyelmét, a Műszaki Életre, a lapban közölt OMFB tanulmányokra, valamint a rendszeresen kiadott mellékletekre.

A lap kedvezményes előfizetési ára havi 4,30 Ft, félévre 12,90 Ft. Az igényeket kérjük megküldeni a következő címre: Műszaki Élet Szerkesztősége, Bp. V., Szabadság tér 17.

Ge-40 típusjelű geoelektromos mélyszondázó berendezés

KIRÁLY E. — SZABADVÁRY L. — VERÓ L.

Magyarországon a nagymélységű geoelektromos szondázások módszer- és műszerfejlesztése 1958-ban kezdődött. A műszerfejlesztés egyik fontos állomása az 1962-ben megépített GE-30 típusjelű berendezés volt, melyet eredményesen alkalmaztunk a dél-dunántúli kutatásoknál. Az 1964-ben megkezdett alföldi nagymélységű mérések új berendezést igényeltek. Az alábbiakban ezt a műszert ismertetjük.

В Венгрии работы по разработке методов и аппаратуры вертикального электрического зондирования были начаты в 1958 г. Важным этапом этой работы было создание в 1962 г. аппаратуры GE-30, успешно применявшейся в разведочных работах южной части Задунайской области. Работы по изучению глубинного строения Большой низменности потребовали разработки новой аппаратуры. В нижеследующем описывается данная аппаратура.

Die Methoden- und Geräteentwicklung im Gebiet der geoelektrischen Tiefensondierungen wurden in Ungarn 1958 begonnen.

Eine wichtige Station in der Geräteentwicklung war das 1962 gefertigte Gerät mit der Typenbezeichnung GE-30, welches bei Forschungen im Gebiet von Süd-Transdanubien mit Erfolg angewendet wurde. Die 1964 in der Ungarischen Tiefebene begonnenen Tiefensondierungen benötigten die Entwicklung einer neuen Apparatur.

Im Nachstehenden beschreiben wir diese Apparatur.

Az elmúlt években a Nagyalföldön a mélyszondázások feladata, hogy a geoelektromosan nagyellenállású vezérszint morfológiáját kutassa. A szondázási eredmények minősége a rendelkezésre álló műszer kapacitásától, lehatolási mélységétől, a terület geoelektromos felépítésétől és a nagyellenállású vezérszint mélységétől függ. A Nagyalföldön — Szolnok környékén — eltekintve a felszínközeli néhány száz métertől az üledékes összlet felépítésének, az ún. geoelektromos modellnek, két jellemző típusa van:

- a) 1000–2000 m vastag, kis fajlagos ellenállású, geoelektromos vezérréteg alatt települt nagyellenállású vezérszint;
- b) a geoelektromos vezérréteg és nagyellenállású szint között közepes f. ellenállású, 2000–3000 m vastag rétegcsoport helyezkedik el, az üledékes összlet összvastagsága néhol az 5000 m-t is meghaladja.

A kutathatóság szemszögéből ítélve az első típusba tartozó területek geoelektromosan kedvezőek. Ilyenek voltak a Nagyalföld egyes részei és Dél-Dunántúl, ahol több éven keresztül végeztek mélyszondázásokat az első magyar Ge-30 jelű berendezéssel [1]. Kedvezőtlennek mondjuk az üledék felépítését a második esetben. Kétszeresen támad nehézség a nagyellenállású szint kutatásakor: az üledékes összlet geoelektromosan elkülöníthető rétegei (a geoelektromos vezérréteg és közbülső réteg fajlagos ellenállásviszonyai és vastagság hányadosai) olyan A típusú szondázási görbét eredményeznek, amelynek értékelése meglehetősen bonyolult. Ehhez járul még, hogy a kutatási mélység az a modellnél nagyobb: két, sőt néhol háromszoros.

A második típusba tartozó területek kutatásához a *Ge-30* berendezés 2000–2500 m-es hatómélysége kevés volt. A műszer mérő és tápegységét egyaránt 12 A maximális áramerősségre tervezték, amely dipol ekvatoriális terítésben kifejezve legfeljebb 10 000 m dipoltávznak felel meg. Számítások szerint 5000 m mélységben levő geoelektromos vezérszint kimutatásához 20 000 m tengelytávolságig kell szondázni, s ennek áramigénye 60 A. Az új *Ge-40* jelű mélyszondázó berendezés tervezésekor arra törekedtek, hogy a műszer a felmerült 5000 m-es hatómélység igényének megfelelően.

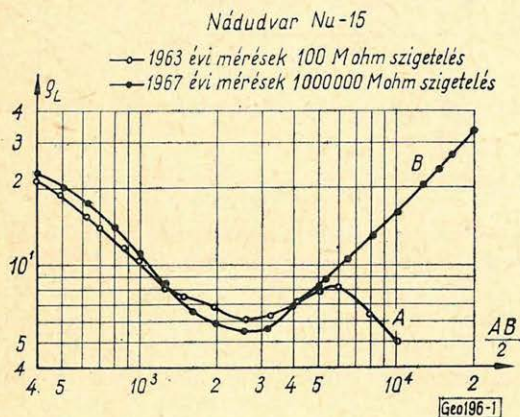
A mélyszondázó berendezés műszertani kérdései két csoportba sorolhatók:

1. *Bázis mérő- és kapcsolómű.* Rendeltetése a tápáramerősség (I) mérése, a generátor teljesítményének különböző kombinációkban való kapcsolása és távközlés biztosítása.

2. *Mozgó műszerkocsi.* Feladata, hogy adott tengelytávolság mellett az MN elektródákon fellépő V potenciálkülönbséget regisztrálja.

Magyar tapasztalatok szerint a mélyszondázó berendezések bázisművében előforduló hibák többsége szigetelési zavarokra vezethető vissza. A terepi műszerek szigetelése általában 100 Mohm. Nagymélységű szondázásoknál lényegesen nagyobb szigetelésre van szükség.

A hibamentes mérés biztosítása a mérő és tápáramkörök között min. 100 000 Mohm szigetelés. A szigetelési hibából eredő rossz mérés szemléltetésére példa az 1. ábrán bemutatott két görbe. Mindkét görbét azonos helyen mérték; az A jelű görbét 100 Mohm, a B jelűt pedig 1 000 000 Mohm szigetelésű berendezéssel. Az aljzat mélységének és fajlagos ellenállásának meghatározásához az A jelű szondázási görbe $R=5000$ m-től nem használható fel. Nagymélységű szondázásnál a szigetelési problémákat kétféleképpen lehet megoldani:



1. ábra $\Phi_{uz. 1.}$ Fig. 1.

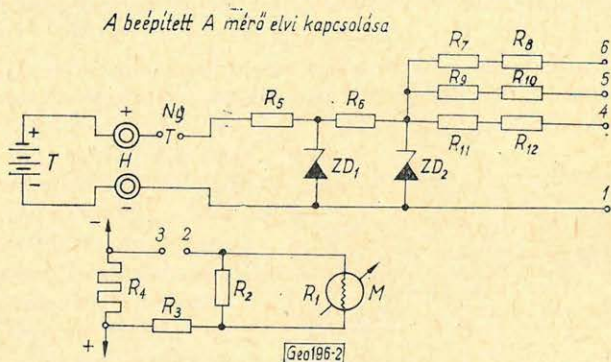
a) amikor az I tápáram mérését $R_0 I$ potenciálkülönbség regisztrálására vezetjük vissza, akkor az $R_0 I$ gyengeáramú kört és regisztráló galvanométert kell szigetelni. Csak szigetelő anyagok felhasználása nem vezet célhoz. A szigetelési ellenállás 10^6 Mohm nagyságú értékét árnyékoló körök beépítésével érték el. A középárnyékoló körök az átvezetési áramokat elvezetik, s az idevonatkozó számítások és helyettesítő kapcsolási vázlatok szerint [1] lehetővé teszik a mérések hibamentes elvégzését:

Az átvezetési áramok okozta mérési hibákra a már említett 1. ábra a példa. A középárnyékolás bekapcsolásával mért folyamatos görbe a valóságot tükrözi, míg a másik görbe látszólagos fajlagos ellenállás értékeinél a fellépő hiba jól érzékelhető.

b) Másik lehetőség, amikor a tápáram mérését olyan egységgel végzik, amelyen az effektív áthaladó áramerősség nagyságrendekkel a lehetséges maximális átvezetési áram felett van. A *Ge-40* bázisművének kialakításánál azt a megoldást választották a szigetelési hibák kiküszöbölésére.

Az áramerősséget közvetlen leolvasású, különleges kivitelű ampermérővel mérjük. A Deprez-rendszerű forgótekerces alapműszerhez a műszeren belüli hőmérséklet kompenzálás, önhitelesítő egység és rázásálló kiképzés tartozik.

A műszer elvi kapcsolását a 2. ábrán mutatjuk be. A szabványban megengedett járulékos hőmérsékleti hibánál kedvezőbb értéket R_1, R_2, R_3, R_4 ellenállásokból felépített *Swinburn* hőmérséklet-kompenzáló kapcsolással sikerült megvalósítani. A járulékos hiba $0,25\% / 10\text{ }^\circ\text{C}$.



2. ábra
 Фиг. 2.
 Fig. 2.

A terepen történő hitelesítés száraztelepről táplált kaszkádkapcsolású Zener-diódás stabilizátorról történik. A stabilizátor szintén hőmérséklet-kompenzált. Rázkódások elleni védelemül az ampermérő robusztus felépítésű, s a műszerfalba spirálrugók segítségével függesztették fel. Az ampermérő használatánál leolvasási könnyítést jelent a tüköralátétes skála *150 osz.* terjedelme, továbbá, hogy a pólusfordításos észlelési rendszer (*AB-BA*) miatt az átfolyó áram kétszeresét lehet leolvasni.

A műszer eddig még nem említett adatai:

Méréshatár: $0 \dots 75\text{ A}$ (*AB-BA* észlelési rendszerrel).

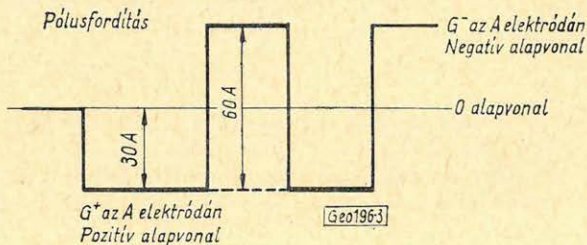
Pontossági osztály: $0,5$.

Mutató: késél.

Működési hőmérséklettartomány: $+5 \dots 35\text{ }^\circ\text{C}$.

Hitelesítési pontok: 25 A ; 50 A ; 75 A skála értékeknél.

A hitelesítő tápfeszültség tartománya: $90 - 120\text{ V}$.

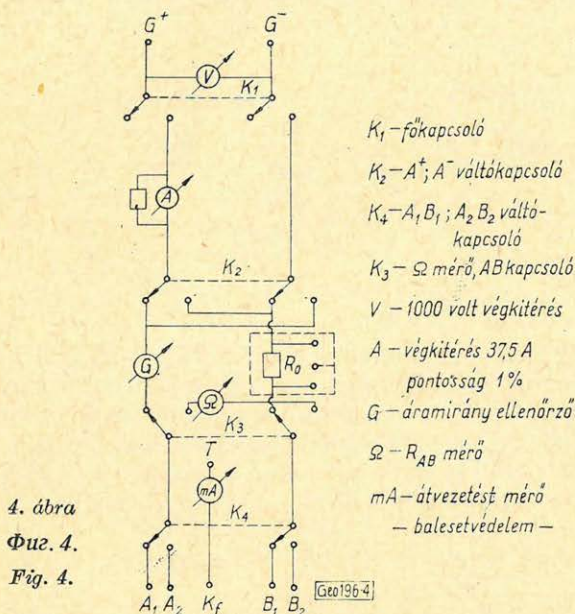


3. ábra
 Фиг. 3.
 Fig. 3.

A forgótekercesen átfolyó mérőáram $10-10^2$ mA. Az átvezetési áramok kedvezőtlen esetben $2,5 \times 10^{-6}$ A nagyságúak. Következik, hogy az átvezetésből származó hiba maximális értéke nem haladja meg az 1% pontatlanságot. A szigetelési hibák teljes megoldása mellett az észlelés a korábbi fotoregiszt-rációs módhoz képest gyorsult. Elmarad a regisztrátumok hosszadalmas és nehézkes irodai értékelése.

Említettük, hogy a 20 000 m tengelytávolságú szondázásokon a tápáram-szükséglet 60 A. A rendelkezésre álló maximálisan 16,5 kW-ra terhelhető gene-

GE-40 kapcsolási vázlat



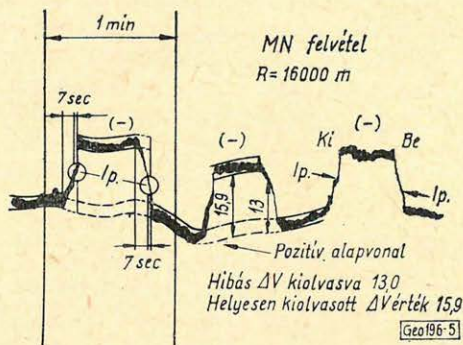
4. ábra
Фиг. 4.
Fig. 4.

rátor kedvező földelési ellenállások esetében sem jelent többet 30 A-nál. A Ge-40 berendezésnél a szükséges 60 A tápáramot a pólusfordításos észlelési rendszer bevezetésével érték el. Lényege ennek, hogy alaphelyzetnek nem az árammentes, hanem az A földelésre kapcsolt pozitív generátor pólust tekintik (3. ábra). Ennek a kapcsolási szisztémának két előnye van: az elektromos tér kialakulása szempontjából úgy tekinthető, mintha 60 A teljesítőképességű generátorunk volna. Másodszer a korábbiaktól eltérően két mérőjel között a generátor hasznos teljesítménye nem vész el pl. a műföldön.

A Ge-40 mélyszondázó berendezés kapcsolási vázlatán (4. ábra) a beépített egységek a következők:

- A = ampermérő és önHITELESÍTŐ egység
- V = 1000 V végkiterésű V-mérő, generátorfeszültség ellenőrzésére
- G = durva, 30 A végkiterésű áramirány ellenőrző
- Ω = közvetlen földelési ellenállásmérő 10-100 ohm-ig
- R₀ = 0,01 ± 2%/₀₀ mangánin ellenállás, terhelhetősége 40 A (középarnyé-kolt szerelésben)
- mA = balesetvédelmi mA mérő, amely a műszer és generátortest, vala-mint a középföldelés között folyó áram ellenőrzésére szolgál.

A *Ge-40* jelű mélyszondázó berendezés használata, és a $20\,000\text{ m}$ -es tengelytávolságú szondázások tették lehetővé a geoelektromos szondázásoknál fel lépő – ez ideig hazánkban hiányosan bizonyított – időtényező vizsgálatát. Időtényezőnek nevezzük a tápáram bekapcsolása pillanatától számított időtartamot, amely alatt a mozgó állomás helyén az elektromos tér véglegesen kialakul. Fotoregisztrációs felvételeken első ízben sikerült ezt a kiépülési folyamatot követni. A vizsgálatokat nagyban megkönnyítette, hogy a mérések éppen



5. ábra
 Фиг. 5.
 Fig. 5.

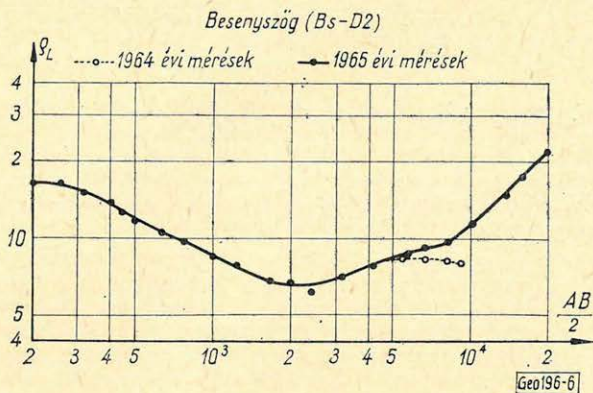
tellurikus tevékenység nélküli napokon történtek (5. ábra). Pl. $R = 16\,000\text{ m}$ felvételen pozitív alapvonalas észlelésnél a kikapcsolást a fotoregisztrátumon hirtelen változás követi, egészen a látszólagos nullvonalig. Bekapcsolásnál viszont késik a mérőjel, míg nem alakult ki potenciálkülönbség az *MN* elektrodapáron (az ionosan vezetett áram még nem jutott el az *MN*-ig). A bekapcsolást követő szakaszon jól érzékelhető az áramter kialakulása, ΔV végleges értékét a kapcsolástól számított kb. 7 sec -ban éri el.

Az időtényező más felvételeken is fellepett, mégpedig az alábbi összefüggés szerint:

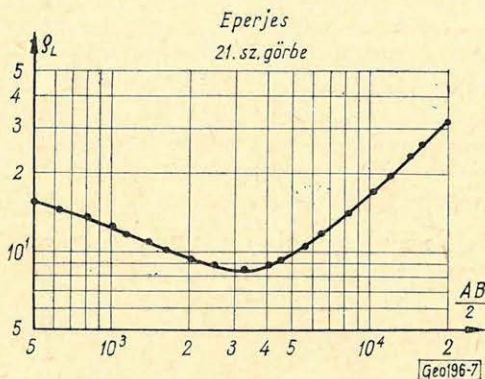
| R | időtényező |
|-----------|--------------------|
| $20\,000$ | kb. 9 sec |
| $16\,000$ | 7 sec |
| $14\,000$ | 6 sec |
| $10\,000$ | 4 sec |
| $8\,000$ | 3 sec |
| $6\,400$ | 2 sec |
| $5\,600$ | nem érzékelhető |

A mélyszondázási anyag minőségi javulásához vezetett a *Ge-40* berendezés használata. Régebbi felvételeken, így pl. az 1964. évi méréseknél az időtényező hatását nem sikerült ilyen élesen felismerni. A ΔV jelalak kiolvasásánál hibát követtek el, kitérésnek csak a galvanométer hirtelen változását fogadták el a kialakulási folyamat elhagyásával. Így a látszólagos fajlagos ellenállás számításakor az R távolság függvényében negatív hibát vétettek, a látszólagos fajlagos ellenállásértékek a valódinál rendre kisebbek voltak. Példa erre a Besenyszög mellett mért szondázási görbe, melyet 1965-ben ismételték, illetve hosszabbítottak meg (6. ábra). A görbén $R = 6400$ -tól – ahol már az időtényező jelentkezik – a szondázási görbe az 1964. évi felvételek alapján

„ellaposodik”. A *Ge-40* berendezéshez tartozó $16,5\text{ kW}$ generátorral és pozitív alapvonalas észleléssel többszöri ismétlés után a helyes (felső) *A* típusú görbét nyerték.



6. ábra Φuz. 6. Fig. 6.



7. ábra Φuz. 7. Fig. 7.

A *Ge-40* mélyszondázó berendezést harmadik éve használják a Nagyalföldön. Geoelektromosan a Szolnok környéki mélybe süllyedt nagyellenállású vezérszintről első ízben sikerült kielégítő információt nyerni. A műszer $max. 5000\text{ m}$ -es hatómélysége kielégítően biztosítja, hogy a szondázási görbék sima lefutásúak (7. ábra), nem jelentkezik az a tagoltság, helyenkénti kiugró érték, ami korábban a nagymélységek fölött mért szondázási görbéken volt.

IRODALOM

- [1] Szabadváry L. 1964: A komplex geoelektromos módszer alkalmazása. I. rész. A nagymélységű szondázás műszerteknikai kérdései. (*Ge-30* típusú mérőberendezés.) Geofizikai Közlemények XIII. köt., 4. szám.
- [2] Erkel A. – Hobot J. – Szabadváry L. 1965: Komplex geoelektromos medencekutató mérések Dél-Dunántúl területén. Geofizikai Közlemények XIII. köt., 4. szám.
- [3] Hobot J. 1966: A geoelektromos mérések medencealjzatra vonatkozó eredményei az alföldi komplex geofizikai kutatásban. ELGI Adattár; Intézeti jelentés.

Nagymélységű fúrások szelvényezése

J E S C H A.

A cikk ismerteti a magyar mélyfúrásokban várható körülményeket. Ezután foglalkozik a nagymélységű szelvényezés nehézségeivel, megoldandó kérdéseivel. Mechanikai téren tárgyalja a felszíni berendezés néhány tervezési szempontját, majd a lyukműszerek nyomásállósága és a tömítési problémák kerülnek sorra. Elektromos téren a hőmérséklet káros hatása által okozott nehézségek, elsősorban a szigetelő anyagok vezetőképességének növekedése kerül részletesebb tárgyalás alá. Végül kihangsúlyozza a közlemény a lyukműszerek előzetes vizsgálatának fontosságát.

В работе излагаются условия, ожидаемые в венгерских глубоких скважинах. Рассматриваются затруднения и проблемы, связанные с проведением каротажных работ на больших глубинах. Описываются некоторые механические вопросы конструирования наземной каротажной аппаратуры, а также вопросы о прочности скважинных приборов на давление и о проблемах их уплотнения. В электрическом отношении рассматриваются затруднения, вызванные вредным эффектом высокой температуры, в частности увеличение проводимости материалов изоляции. В заключение подчеркивается необходимость предварительной проверки скважинных приборов.

Der Artikel schildert die in den ungarischen Tiefbohrungen zu erwartenden Verhältnisse. Danach werden die Schwierigkeiten der übertiefen Bohrlochmessung erörtert. Am Gebiet der Mechanik wird auf einige Gesichtspunkte der Konstruktion hingewiesen, dann folgen die Probleme der Druckbeständigkeit und der Dichtungen von den Bohrlochmessgeräten. In elektrotechnischer Hinsicht werden die durch die erhöhte Temperatur verursachten Probleme, hauptsächlich die zunehmende Leitfähigkeit der Isolierstoffe eingehender erörtert. Endlich wird auf die Bedeutung der Prüfung der Messonden unter Bohrlochverhältnissen hingewiesen.

A magyar kőolajipar a legutóbbi időkben felkészült az eddigi termelő szinttájak alatt, azoknál mélyebben fekvő ismeretlen rétegsorok felderítésére, átfúrására. A tervbevett fúrások a mélyfúrástechnika „nagymélységű” kategóriájába esnek, elérik a 4500 m talpmélységet, sőt egyes kitűzött pontokban 5000 m lefúrása a cél.

A szelvényezések körülményei.

Az ilyen nagymélységű fúrásokban az elektromos és egyéb szelvényezési módszerek lebonyolítását hazánkban különösen nehézé teszik a lokális körülmények.

Közismert tény, hogy hazánk geotermikus anomália fölött helyezkedik el; az eddigi tapasztalatok szerint a geotermikus mélységlépcső átlagértéke kb. 4000 m mélységig 23–25 m/C° a dunántúli területeken, a tervbevett mélykutatások geográfiai helyén.

A másik nehézséget az átharántolásra kerülő porózus szintek nagy folyadéknomása vonja maga után. A mélyítés és szelvényezés alatt a fúrólyukakban csak kb. 2,00 kp/dm³ fajsúlyú fúróiszappal tartható fenn az egyensúlyi, nyugalmi állapot.

E két feltétel együttesen a következő hőmérséklet-, ill. nyomáshatárok elérésétől teszi függővé a lyukmérések sikerét:

4500 m-ig: kb. 200 C° réteghőmérséklet, 900 atm. nyomás
 5000 m-ig: kb. 220 C° réteghőmérséklet, 1000 atm. nyomás
 6000 m-ig: kb. 260 C° réteghőmérséklet, 1200 atm. nyomás

E kritikus feltételek a tervbevett szelvényezési programokat is befolyásolják, mert csak a feltételeknek mindenben megfelelő lyukműszerekből várható eredményes működés, kiértékelésre is alkalmas regisztrátum.

A hőmérséklet és a nyomás a szondák, lyukműszerek és kábelek kivitelét mechanikai és elektromos szempontból egyaránt érinti.

Mechanikai nehézségek

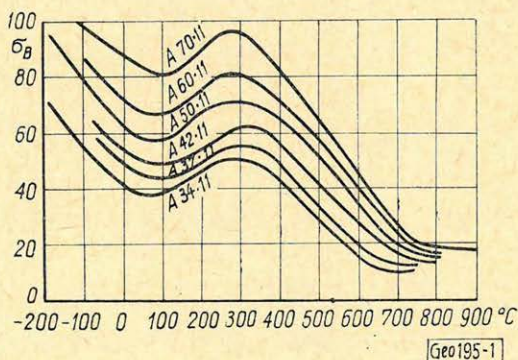
A szondák és lyukszerelvények méretezésének feladata a lyukfolyadék kizárása a belső, általában atmoszférikus nyomáson lezárt terekből, tehát az elektromos szerelvények védelme. Ide sorolhatók a különféle lyukműszerek nyomásálló tokjai, a kábelfejek; a kábel és a szondafej közötti nyomásálló csatlakozások, végül az egyes eszközök kapcsolatánál alkalmazott tömítések.

A szondatokok összeroppanás ellen méretezendők. Mivel e tokok az esetek legnagyobb részében acélananyagokból készülnek, a szilárdsági méretezésnél a hőmérséklet hatását nem kell figyelembe venni. Az acélananyagok szakítószilárdsága vagy az összeroppanás elleni méretezésnél még fontosabb folyási határa ugyanis a hőmérséklettel először növekszik. A szénacélok kb. $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nál, az ötvözött acélok még nagyobb (1. ábra) hőmérsékletnél érik el szakítószilárdságuk maximumát. A külső nyomás hatására tartós folyás is felléphet, ennek értéke azonban csak $350\text{--}450\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nál csökken a folyási határ alá, szén, illetve ötvözött acélok esetében. Így a folyási határra való méretezés biztonságot nyújt a várható lyukhőmérsékleteken. Más lehet a helyzet olyan eszközök méretezésénél, ahol antimágneses tokba kell a lyukműszert beépíteni, amint ez iránytűs ferdeségmérőknél, indukciós elven működő lyukbősségmérőknél vagy mágneses alapon dolgozó karmantyúlokátoroknál funkcionális feltétel.

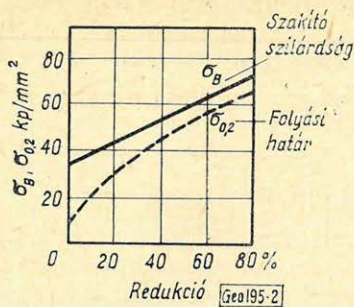
1. ábra. Különböző szénacélok szakítószilárdságának változása a hőmérséklet függvényében

Фиг. 7. Зависимость изменения прочности различных сортов науглероженой стали на разрыв от температуры

Fig. 1. Die Änderung der Zugfestigkeit verschiedener Sorten von Kohlenstoffstahl in der Funktion der Temperatur



Ilyen esetekben réz, alumínium és antimágneses acélok felhasználása kerülhet szóba. Réz esetében meggondolandó, hogy a nagyobb szilárdságú rézötvözetek (sárgarezek, bronzok, alumíniumbronzok) szakítószilárdsága, és még nagyobb mértékben folyási határa a hidegalakítás fokától igen nagy mértékben függ. Ez azt jelenti, hogy a hengerléssel, húzással alakított, redukált ötvözött félgvártnmány szakítószilárdsága együtt növekszik az alakítás fokával, de lényegesen nagyobb mértékben nő a folyási határ is (2. ábra).



2. ábra. Sárgaréz szilárdságának és folyási határának változása a hidegalakítás függvényében

Фиг. 2. Зависимость прочности и предела текучести латуни от деформирования в холодном состоянии

Fig. 2. Die Änderung der Festigkeit und der Streckgrenze vom Messing, in der Funktion der Kaltbearbeitung

A lyukméréseknél fellépő nagy nyomásokat álló folyási határú anyag csak sokszoros keresztmetszetsökkenéssel járó redukcióval, hidegalakítással állítható elő. Érthető technológiai nehézséget jelenthet, ha nagyméretű anyagot akarunk még a sokszoros redukció után is nyerni.

További nehézség a rézötvözetek esetében a hőmérséklet hatása, amely bizonyos ötvözeteknél már 150–200 C°-on mutatkozik a szilárdsági értékek csökkenésében. Főleg az elsőnek említett tulajdonság már a hőmérséklet káros hatása nélkül is általában kizárja a rézötvözeteket a nagynyomású szondatervezés és gyártás anyagválasztékából.

A legjobb minőségű alumíniumötvözetekkel jobb eredmények érhetők el. Itt elsősorban a Cu–Mg és a Mg–Si ötvözetek kerülhetnek szóba, nemesített állapotban.

A hidegalakítás befolyása itt lényegesen kisebb, nem hagyható azonban figyelmen kívül a hőmérséklet szilárdságsökkentő hatása, valamint a tartós folyási fellépése. Ez minden egyes esetben a használandó ötvözetre külön-külön megvizsgálandó. Nem szabad szem elől téveszteni azt a jelenséget sem, hogy a nemesített alumíniumötvözetek szilárdsági mutatóinak leromlása a melegen tartás időtartamának is függvénye, egy-egy alkatrész csak korlátozott ideig használható nagyobb hőmérsékleten, tehát például lyukmérések céljaira. A legmegbízhatóbb eredmények az antimágneses acéloktól várhatók, de ezek is gondos vizsgálat tárgyává teendők. Ezen acélötvözeteknek egy része igen alacsony szilárdságú, más része viszont alig, vagy egyáltalán nem munkálható meg.

A szondaházak méretezése – mint már említettük – összeroppantásra történik. A kritikus nyomás kiszámítására, amelynél a test összeroppanása bekövetkezik, különféle, részben elméleti, részben tapasztalati összefüggések szolgálnak. A mi gyakorlatunkban eredményesen alkalmaztuk az API szabványokban lerögzített méretezési elveket, amelyek különféle mélyfúrási csövek hasonló igénybevételére vonatkoznak. Mivel a mélyfúrási geofizika esetében véges hosszúságú „csövekről” van szó, a szabvány szerinti méretezés alkalmazása egy csekély biztonságot is magában foglal.

Bármilyen méretezési elv szerint is járunk el azonban, a méretezés metódusa modellkísérletekkel ellenőrizendő. Tisztázandó, hogy érvényes-e a módszer az adott anyagra, a szóban forgó geometriájú testre.

A szokásosnál hosszabb kombinált szondák esetében ezenkívül gondolni kell az esetleg fellépő kihajlási jelenségre is, amelyet a karcsú szondatest két végére ható nyomáskülönbség idézhet elő.

A nagymélységű fúrások körülményei úgyszólván egyedülálló feladatok elé állítják a csatlakozó alkatrészeknél elkerülhetetlen tömítési rendszert és az egyes tömítések anyagát.

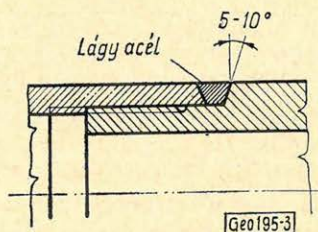
Ha a lyukműszereknél használt tömítések közé soroljuk az elektromos átvezetéseknel szükséges, jól szigetelő lekötéseket, záró elemeket is, akkor a tömítőelemek elektromos, pontosabban szigetelési tulajdonságai is szem előtt tartandók. A kizárólag mechanikai feladatot ellátó tömítések kialakítása és anyaga szoros összefüggésben van az alkalmazott tömítési rendszerrel. A korszerű gépészeti gyakorlat előszeretettel alkalmazza az ún. „0” gyűrűket, számos előnyük miatt. Talán a legfontosabb ezek között az, hogy a tömítés eredményessége nem függ a tömítendő felületek összehúzásának fokától. E rendszer azonban a tömítőgyűrű deformációja segítségével végzi el feladatát, tehát annak kellő rugalmassággal és nyírószilárdsággal kell rendelkeznie. 160–180 C°-ig, bizonyos esetekben és különleges minőségek biztosítása esetleg 200 C°-ig az elasztomer anyagok (gumi, műkaucsuk) kielégíthetik az 0-gyűrűk iránt támasztott kívánalmakat. De ennél nagyobb hőmérsékletek esetén a jelenleg ismert ilyen anyagokból készült 0-gyűrűk nem használhatók megbízhatóan.

Számításba jön azonban a politetrafluoretilén (PTFE; Teflon; Ftoroplaszt stb.), mint 0-gyűrű anyag, kiváló hőállósága miatt. Az iparban használatosak PTFE tömítések és 0-gyűrűk is, nincs tudomásunk azonban arról, hogy nagymélységű szelvényezéstechnikában ezek nyertek-e már alkalmazást. Az 0-gyűrűk rendszerének több előnye miatt azonban hasznos lenne ilyen vizsgálatokat végezni.

Előnyösen alkalmazhatók, és hazai körülmények között kipróbálást nyertek a grafitos azbesztből készített tömítések.

Ezek az azbeszt-szövetből gumi kötőanyaggal készített, túlvulkanizált (kb. 6 órán át) és utólag grafitozott formagyűrűk közel fa-keménységűek, szerelésük éppen ezért több gondosságot igényel. A tömítőanyag – keménysége miatt – az érintkező, tömítendő felületek simaságára kényesebb, ezeknek sérülés-, karcolásmenteseknek kell lenniök, de természetesen nem szükséges simára csiszolásuk. A tömítésre ható nyomóerőnek is el kell érnie egy minimális határt, ez célszerűen a legnagyobb kútnyomásnál fellépő nyomóerőnél magasabb. Érdemes ezzel kapcsolatban megemlíteni, hogy igen jó eredményeket hozott a tömítésre ható erő könnyebb elérése terén az összehúzódo menetekre felvitt hazai súrlódáscsökkentő molibdénos menetkenőcsök használata (Mollardpaszta).

Folytak eredménnyel kecsegtető kísérletek hazai vonalon fém-tömítések alkalmazására is. Sikeres volt a 3. ábrán vázlatosan bemutatott tömítés ki-



3. ábra. Lyukműszereknél alkalmazható fémtömítés

Fig. 3. Металлическое уплотнение, применяемое в скважинных приборах

Fig. 3. Metaldichtung für Bohrlochmessgeräte

próbálása, és pedig lágyacél tömítőgyűrű beszerelése esetén. Egyéb lágy fémek, (vörösréz, alumínium) nem szolgáltatnak kellő eredményeket, mert a nagy külső nyomás hatására deformációt szenvedtek, így a nyomás csökkenésekor az összekötött idomok kötése fellazult.

A tömítésekkel kapcsolatban mindenesetre megállapítható, hogy egységesen elfogadott rendszer nincs. Az „0”-gyűrűknél a pontos illesztés is igen finom felületi megmunkálás mellett a hőálló megoldás is problematikus, viszont az egyéb tömítéseknel (azbeszt, fém) a nagy húzónyomatek és a gyűrűk kényes gyártása jelenthet nehézséget és hibalehetőséget. A kérdés tehát nem tekinthető megoldottnak.

A felszíni berendezés mechanikája

A nagymélységű szelvényezés mechanikai nehézségei közé tartozik a felszíni berendezés kellő szilárdságú kivitelezése is.

Néhány szerkezeti elem különös gonddal méretezendő a nem arányosan növekvő igénybevételek miatt. Így kényesek a dob oldalfalai, a dobmag, a fékrendszer, végül az egész meghajtás. Nem tévesztendő szem elől a műszaki biztonság sem, mert nagymélységű fúrások mérése közben esetleg előadódó súlyosabb műszaki balesetek a mélyfúrás aránytalanul magas ára miatt aránytalanul nagyobb kockázattal járnak. Ilyen szempontból nézve a felszíni berendezés mechanikai megbízhatósága sokkal fontosabb, mint a lyukműszer eredményes működése.

A lyukműszerek elektromos szerelvényei

A lyukműszerek elektromos szerelvényeit és működésüket a nagy mélységekben a hőmérséklet befolyásolja károsan.

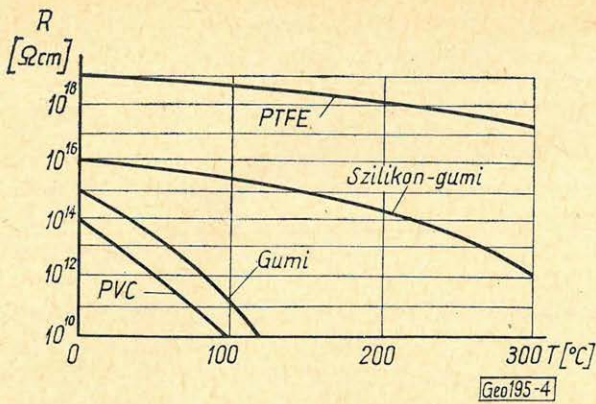
Valamennyi mélyfúrási geofizikai mérés eredményes lebonyolításának alapfeltétele, hogy a használt áramkörök a megkívánt módon viselkedjenek.

A hőmérséklet káros hatása a lyukműszer áramköreiben többféleképpen mutatkozik. Az elektronikus körökbe épített elemek, kondenzátorok, ellenállások, elektronsövek, esetleg tranzisztorok jelleggörbéi a hőmérséklet hatására változnak, s e változás hatással van a mérés eredményére is. Az elektronikus elemekhez hasonlóan változik a gamma-sugárdetektorok jellege is. Minden említett áramkör-elemnek van egy felső határhőmérséklete, amelynél működése legtöbbször irreverzibilisen megszűnik, azaz végleg tönkre is megy.

Sokszor figyelembe kell venni magának a kábelnek hőokozta ellenállás-növekedését is, de e jelenség a lyukműszeren belül is okozhat hibákat.

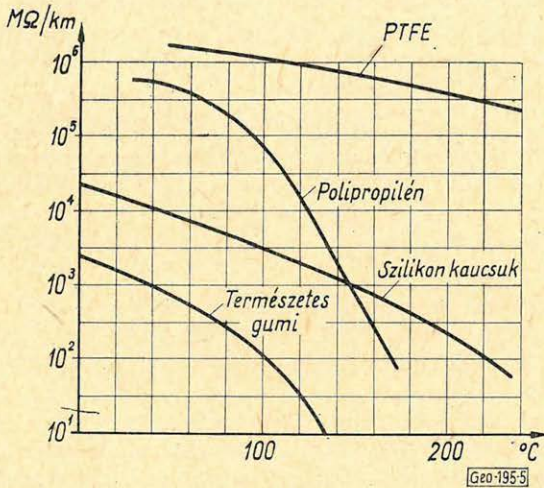
A hőmérséklet legkárosabb hatása azonban a szigetelő anyagok szigetelő képességének leromlásában mutatkozik. Minden mérőrendszer, tehát kábel lyukműszer egység egy minimális szigetelési ellenállás mellett működik csak kielégítően; ha ez a minimum alá esik, a mérés sikertelen.

A helyzet jellemzésére a 4. ábrán ábrázoltuk néhány szigetelő anyag fajlagos ellenállásának változását a hőmérséklet függvényében. Az 5. ábrán viszont egy 7 eres páncélkábel km-kénti érszigetelését ábrázoltuk különféle szigetelő anyagok esetében. A szigetelő anyagoknál ezenkívül figyelembe kell venni azt is, hogy egy bizonyos hőmérséklet fölött mechanikai szilárdságuk is romlik. Ez a hőfokhatár egyes anyagoknál alacsonyabb hőmérsékletű mint a szigetelő képesség szempontjából még megengedhető hőfok, azaz a szigetelőanyag még jól szigetel azon a hőmérsékleten, ahol már megszűnik a mechanikai szilárdsága, képlékennyé válik.



4. ábra. Különböző szigetelőanyagok fajlagos ellenállásának változása a hőmérséklet függvényében
 Фиг. 4. Зависимость изменения удельного сопротивления различных видов изоляции от температуры

Fig. 4. Die Änderung des spezifischen Widerstandes von verschiedenen Isolationsstoffen in der Funktion der Temperatur



5. ábra. Héteres páncélkábel érszigetelésének változása a hőfok függvényében, különböző szigetelések esetén

Фиг. 5. Изменение изоляции жил 7-жильного бронированного кабеля в зависимости от температуры, для различных видов изоляции

Fig. 5. Die Änderung der Aderisolation bei 7-adrigen Panzerkabeln in der Funktion der Temperatur, für verschiedene Isolationen

A nagymélységű szelvényezés-technikában ezenkívül a felhasználás helye szerint sokféle szigetelő anyagra van szükség. A kábel szigetelő anyagának a hőállóság és mechanikai szilárdság mellett tömlőzhetőnek kell lennie. Bizonyos helyeken kerámiás anyagok is használhatók igen előnyösen, viszont ezek egyidejű tömitést nem biztosíthatnak.

Más helyeken (transzformátorok, indukciós tekercsek) hőálló lakkozású huzalok szükségesek.

A lyukműszerek legkényesebb pontjai – tapasztalataink szerint – az egyes elemek csatlakoztatási helyei. Ezek a kábel-fejkábel átmenet és a fej-kábel-fej bevezetés, valamint az esetleges kábeltoldási hely. Ezeknél a borító lekötő tömlő a szigetelést is biztosítja, de a nyomás ellen is védi az átvezető elemeket. Különösen nehéz a nem azonos átmérőjű fémrészek üzembiztos borítása. A konstrukciónál arra kell törekedni, hogy lehetőség szerint azonos vagy közel azonos átmérőjű fémrészek találkozzanak egymással, a zárandó felület hézagmentes koncentrikus hengerekből álljon hirtelen átmérőváltás nélkül.

A zárás megfelelő alakú, tömlőszerű, hőálló elasztomer anyagból készített formadarabokkal történik, ezek kellő hosszön átfedik a zárandó alkatrészek nyúlványait (pl. a kábelerek és a ház gyertyacsonkjait), végül a zárást egyszerű lekötéssel biztosítjuk.

Külön nehézséget okozhat a fúróiszap gáztartalma, amely a lekötés alá diffundálva a nyomás csökkenésekor, azaz a szonda felhúzása közben az elasztomer formadarab „felfújódását”, kirepedését idézheti elő. Az ilyen és ehhez hasonló sérülések miatt a lyukművelet közben bármikor előadódhat a lyukműszer szondafej meghibásodása. A művelet azonnali folytatása ekkor csak a fej gyors cseréjével biztosítható, ellenkező esetben az egész berendezést le kell váltani. A kábel-fej csatlakozás (pontosabban a kábel-szondakábel csatlakozás) helyes kialakítása az ilyen cserét egészen rövid idő alatt lehetővé teszi.

A gyorscsatlakozó végleges kivitele a páncélkábelésre és a fejkábelésre egyaránt ráhúzható, öntömítő, hőálló idomokkal történhet. Anyaga ezeknek leghelyesebben PTFE, más hasonló műanyag, esetleg hőálló elasztomer anyag lehet. A lekötések terén eredményesnek látszik olyan megoldás is, ahol az elektromos szigetelést vékony PTFE-réteg biztosítja, a folyadéknomás elleni védelmet pedig egy hőálló elasztomer tömlő (amelynek szigetelése a kívántnál alacsonyabb is lehet) szolgáltatja.

Jelenlegi ismereteink szerint a legjobb szigetelések a PTFE-től várhatók a nagy hőmérsékleteken, természetesen a kábelerek is ezzel burkolandók. Érdeemes megemlíteni azt a gyakorlatban előforduló kábel-elrendezést, hogy a PTFE-szigetelés aránytalanul nagy ára miatt csak a lyuk alsó pl. 120–130 C°-nál melegebb szakaszára szerelnek hőálló szigetelésű kábelt, a felső szakaszon a szokásos gumiszigetelésűt tartják meg. Ilyen, gazdaságossági szempontból kétségkívül indokolt megoldás alapfeltétele azonban a szilárdságilag és elektromosan egyaránt tökéletesen üzembiztos toldási technológia.

Hőszigetelések, különleges megoldások

A lyukműszer felső működési határának elérése, a hőfokhatás túllépése a szonda leállítását, a mérés beszüntetését vonja maga után. Ha csak kevéssel, néhány fokkal nagyobb a környezet hőmérséklete, mint a legfelső megengedhető határ, akkor a szelvényezés aránylag rövid időtartamára esetleg hőszigeteléssel is biztosítható a még megengedhető „alacsonyabb” hőmérséklet.

Különösen fontos lehet hőszigetelés alkalmazása elektronikával működő lyukműszereknél, ahol a hőmérséklet a szondán belül nagyobb, mint a környezeté, a körök elemeiből disszipálódó hő hatására. Méréseink szerint egy elektroncsöves radioaktív szondában a hőmérséklet 15–20 C°-kal nagyobb, mint a környezetben és ez a hőmérsékletkülbség független az egész rendszer hőfokától.

A hőszigetelő köpeny ilyen lyukműszerek esetében csak a hőérzékeny elemeket foglalja magába, elválasztva őket a hőtermelő elemektől.

Az egészen nagy hőmérsékletek leküzdése során olyan megoldás is előfordult már, hogy a teljes lyukműszert hőálló szigeteléssel burkolják. Homogén köpeny kialakítása (pl. politetrafluoretilénből) nemcsak hőszigetelés, hanem tömítetlenségek kiküszöbölése szempontjából is rendkívül hasznos lehet, de kivitelezése egyáltalán nem könnyű.

A lyukműszerek zárt belső terének védelme terén is találkozhatunk különleges megoldásokkal. A szondák időszakosan, minden elővigyázat ellenére is előforduló beázása az esetek legnagyobb részében részleges, a folyadékbeszívárgás sokszor mindössze néhány csepp. Ez a szondatest belsejében uralkodó nyomástól és a hőmérséklettől függő halmazállapotban van, lecsapódás esetén lényegében bárhol elhelyezkedhet, szigetelési hibát okozhat. A szonda belső részének szerelés után elvégzett teljes hőálló és szigetelő lakkozása esetleg az ilyen gyakori meghibásodásokat kizárhatja, számukat csökkentheti.

A szondák hőfokhatára

A mélyfúrás geofizikában alkalmazásra kerülő eszközök – mint már említettük – egy bizonyos a szerelvénytől, a beépített elemektől függő hőmérsékletet használhatók csak.

A mélység, pontosabban a hőmérséklet növekedésével egyre szűkül a mérési módszerek választéka, egyre több eljárást kell a programból elhagyni, tehát a rétegek felismerése is nehezebbé válik, a kiértékelés pontatlanabb lesz. A nagymélységű mérési technika elsődleges feladata ennek a hőfokhatárnak a kiterjesztése, illetőleg a geofizikai program állandó növelése a nagy hőmérsékleteken is.

A kiértékelési nehézségek a mélység növekedésével a mérési problémáktól függetlenül is szaporodnak: sokkal kritikusabbá válik az áteresztő képes rétegek kijelölése, komplikáltabbá válik a rétegtartalom megállapítása vagy határok közé szorítása is. A rétetparaméterek amúgy is nehezebb kiderítését így kényszerűségből csökkentett művelési választékkal kellene elérni, tehát a technikai problémák és az elvi nehézségek a nagymélységű szelvényezéseknél szuperponálódva jelentkeznek.

Végző fokon le lehet szögezni, hogy egy nagymélységű fúrás szelvényei alapján (általában) csak lényegesen kisebb pontossággal, nagyobb hibaszázalékkal lehet a vizsgálandó szinteket kijelölni, ezzel a rétegvizsgálatok száma (és feltehetően a meddő vizsgálatok száma is) növekedni fog.

Nem érdektelen rámutatni arra is, hogy a nagymélységű kutató fúrás legtöbbször minden szempontból ismeretlen szinteket harántol, ami még megszokott „normális” körülmények között is nehezzé teszi a helyes értelmezést, de a nehézségek ilyenkor egy bő, sokoldalú mérési programmal jórészt áthidalhatók. Világos, hogy egy technikai nehézségek miatt szűkített módszer-választék erősen korlátozza a lehetőségeket.

A lyukműszerek előzetes vizsgálata

A lyukműszerek hőfokhatárának, pontosabban működési határának tárgykörébe tartozik a szondák előzetes vizsgálata. Minden számítás és előzetes rész-mérés mellett a működési határ csak lyukviszonyok közötti vizsgálat egyidejűleg alkalmazott nyomás és hőmérséklet alatti ellenőrzéssel állapítható meg.

Az egyes lyukműszerek típusvizsgálatának ki kell terjednie a működési határra, esetleg külön a nyomás, külön a hőmérsékletet tekintve.

A felhasználónak minden egyes lyukműszerről, mint típusról tudnia kell, hogy az eszköz milyen nyomásig és milyen hőfokig használható biztonságosan. Ezeknek az adatoknak a megállapítása a gyártó cég feladata.

A lyukművelet üzembiztos lebonyolítása viszont a valóban alkalmazott eszköz vizsgálatát követeli meg az adott mérésnél előforduló körülmények között. Ez utóbbi vizsgálatnak feltétlenül egyidejű nyomás- és hőmérséklet-vizsgálatból kell állnia, ezenkívül a hõn-, illetve nyomáson tartás időtartamának is el kell érnie a lyukművelet alkalmával várható időt.

A vizsgálatoknak ki nem tett szondák kipróbálása végeredményben magánál a lyukmérésnél történik és ez természetszerűleg kockázatosná teszi a mérés sikerét. Egészen kritikus esetben (pl. szondatok összeroppanása szűk lyukban) a működési határ túllépése súlyos műszaki balesetet okozhat, amelynek felszámolása igen nagy kiesésekkel járhat, egészen kirívó esetben pedig a lyuk felhagyását is maga után vonhatja.

A művelet előtti rendszeres ellenőrzés kellő felkészültséget igényel. A nagymélységű fúrások szelvényezését végző telephelyen célszerű megfelelő teljesítőképességű próbaállomást létesíteni, amelyen az említett vizsgálatok folyamatosan rendszeresen elvégezhetőek. Az ilyen berendezés kivitele természetesen nem egyszerű, elég csak arra utalnunk, hogy Magyarországon pl. jelenleg még nincs olyan eszköz [autokláv], amelyben a hazai fúrások várható hőmérsékleti és nyomásviszonyai egyidejűleg előállíthatók, azaz kb. 1500 atm. és 260 C°.

Jelenleg folyik egy ilyen eszköznek a tervezése. Megépítése nagymértékben fogja előre vinni a nagymélységű szelvényezési technika biztonságát.

Hírek

A Műszaki és Természettudományi Egyesületek Szövetségének Központi Oktatási Bizottsága és a Művelődésügyi Minisztérium által műszaki felsőoktatási intézmények együttes fejlesztése és oktatásának összehangolása érdekében 1967 májusában meghirdetett nyilvános pályázat eredményhirdetése január 13-án zajlott le a Technika Házában.

A pályadíjakat – két II. és hat III. díjat –, valamint a jutalmakat Dr. Rados Kornél, a KOB elnöke nyújtotta át az eredményes pályázóknak.

Az egyenként 6000, – Ft-os második díjat: Cordines I. és Lendvay P., a 3000, – Ft-tal együtt járó III. díjat: Szórád K., Szabó B., Kedvesi K., Dr. Kőszegi Gy., Orbán M., Magyar B., Irányos L. és Czine J. kapta.

Jutalomban részesült: Molnár L., Dr. Kändler J., Kiss I., Dr. Dischka Gy., Dr. Fodor Gy., Dr. Grozli J., Vermes, A., Sepsei J., Gyurmánczy Gy., Kárpáti G., Musza K., Sidó B., Dr. Wisnovszky I., Szabó B., Horváth K.

Különböző gamma-forrásokkal végzett szórt gamma-típusú szelvényezésről

M É S Z Á R O S F.

A dolgozat megállapítja, hogy a gamma-gamma fúrólükszelvényezési eljárás alapján végzett térfogatsúly-meghatározás pontossága nagymértékben függ az adott kőzet térfogatsúlyától. Az $1 - 3 \text{ g/cm}^3$ sűrűségintervallumban a meghatározás pontossága $0,01 \text{ g/cm}^3 - 0,15 \text{ g/cm}^3$ között változik.

Ha a fúrólük által harántolt rétegek kémiai összetételét akarjuk vizsgálni, akkor alacsonyabb energiájú izotópot kell használni. Modellmérések formájában foglalkoztunk a kőzetekben levő különböző nehéz elemek és a szórt gammasugárzás energiaintervallumai közti összefüggésekkel. A kísérletek alapján megállapítható, hogy a primer energia csökkenésével a lyukműszerek rétegfelbontóképessége lényegesen megnő.

Точность определения плотности по данным ГГК сильно зависит от плотности данной горной породы. В диапазоне плотностей от 1 до 3 г/см³ точность определения изменяется в пределах от 0,01 до 0,15 г/см³.

При исследовании химического состава разреза скважин необходимо уменьшить энергию применяемого изотопа. Связи между разными тяжелыми элементами, входящими в состав пород с интервалами энергии рассеянного гамма-излучения изучались нами путем проведения модельных исследований. Результаты этих исследований позволяют делать вывод о значительном увеличении разрешающей способности скважинных приборов в отношении расчленения разрезов с уменьшением первичной энергии.

Es wird bestätigt, dass die Genauigkeit der auf Grund von Gamma-Gamma-Messungen durchgeführten Dichtebestimmung stark von der Dichte des gegebenen Gesteins abhängt. Im Dichtebereich $1 - 3 \text{ g/cm}^3$ schwankt die Bestimmungsgenauigkeit zwischen $0,01$ und $0,15 \text{ g/cm}^3$.

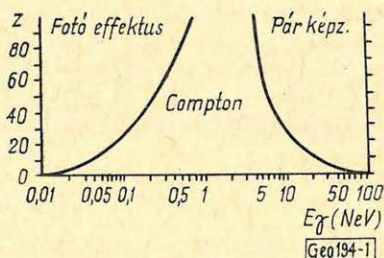
Falls wir die chemische Zusammensetzung der durchbohrten Schichten untersuchen wollen, muss ein Isotop von niedrigerer Energie verwendet werden. Die Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Schwerelementen des Gesteins und den Energiebereichen der Gamma-Streustrahlung wurden durch Modellmessungen geprüft. Die durchgeführten Versuchsarbeiten erlauben uns festzustellen, dass das Auflösungsvermögen der Bohrlochmessgeräte sich mit der Abnahme der Energie wesentlich erhöht.

A szórt gamma-típusú geofizikai lyukszelvényezések fizikai alapját a fúrólükben mesterségesen létrehozott gammasugárzási térnek, és a fúrólük által harántolt kőzetek – természetes tér – kölcsönhatása képezi. A kölcsönhatás formája függvénye a teret létrehozó sugárforrás energiájának. Az eddigi

1. ábra. A Compton, a foto- és párképződési kölcsönhatások valószínűségének energia- és rendszám függése

Фиг. 1. Зависимость вероятности комптонового эффекта, фотоэффекта и эффекта образования пар (энергия и атомный номер)

Abb. 1. Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Compton-, photoelektrischen und Paarbildungseffekte in der Funktion der Energie und des Kernladungszahles



gyakorlatban maximálisan $1,3 \text{ MeV}$ energiájú sugárforrásokot alkalmaznak, amely a gammakvantumok és az anyag között gyakorlati szempontból kétféle kölcsönhatást enged meg. Ez a kétféle kölcsönhatás a fotoelektromos abszorpció és a Compton-szóródás. Mindkét kölcsönhatás erősen energiafüggő és ez az energiafüggőség nem egyforma a két jelenségnél (1. ábra).

A Compton-szóródás hatáskeresztmetszete a rendszámmal (Z) egyenesen arányos, a gammakvantumok energiájával lassan csökken. A fotoelektromos abszorpció hatáskeresztmetszete ezzel szemben közelítőleg a rendszám ötödik hatványával arányos és az energia harmadik hatványával fordítva arányos. A kettő összevetéséből világos, hogy van egy olyan tartománya ezek szerint a szórt sugárzás spektrumának, amely elsősorban a rendszámától függ, és van egy olyan, amely a térfogategységben levő elektronok számától.

Ily módon a program kétfelé ágazik:

- a) a spektrum elektron sűrűsége érzékeny részének hasznosítása
- b) a spektrum rendszámra érzékeny részének hasznosítása.

Először az első pontot vizsgáljuk meg részletesen.

A spektrumnak ebben a tartományában a jelenség fizikai alapját a Compton-szóródás képezi. A Compton-szóródás – amely a primér gammakvantumok irány és energia megváltozását jelenti – a szóró anyagban levő elektronok számától függ. A térfogategységben levő elektronok száma viszont egyszerű megfontolások alapján lineáris kapcsolatba hozható egy igen lényeges fizikai paraméterrel, a *térfogatsúllyal*. Az összefüggés a következő:

$$n_e = \varrho \cdot N \sum_{i=1}^k \frac{Z_i}{A_i} q_i = \varrho \cdot N \cdot \beta \quad (1)$$

ahol ϱ – térfogatsúly g/cm^3 -ben

N – Avogadro-szám, $6 \cdot 10^{23}$

$$\beta = \sum_{i=1}^k \frac{Z_i}{A_i} q_i \text{ a közet átlagos } \frac{Z}{A} \text{ értéke}$$

(A_i ; – az „ i ” elem atomsúlya, q_i az „ i ” elem %-os koncentrációja, Z_i -rendszám.)

Az (1) összefüggés ezáltal lehetővé teszi, hogy fúrólukokban „*in situ*” térfogatsúly meghatározást lehessen végezni. A probléma azonban korántsem ilyen egyszerű. A fúrólukban végig húzott radioaktív szonda által regisztrált gamma-gamma görbe tartalmazza információként a közet térfogatsúlyát, de ezenkívül még egy sor zavaró tényező is közrejátszik, amelyek a térfogatsúllyal párhuzamosan hatnak. A feladat az, hogy a nyers gamma-gamma görbét mentesítsük a ráakódott zavaró hatásoktól. A probléma matematikai megfogalmazása a következő: a regisztrált gamma-gamma intenzitás tulajdonképpen egy többváltozós függvény, amelynek független változói képezik az egyes zavaró effektusokat. Az egyes tényezők jellegének részletesebb tárgyalása nélkül megadjuk általános alakjában a függvényt:

$$I_{\gamma\gamma} = F_1(\varrho, \text{term-}\gamma, \varrho \text{ iszap, } d, \frac{Z}{A}, \text{ iszaplepeny, } l, Q, \text{ szonda helyzete, rétegvastagság}) \quad (2)$$

A jelölések ismertek. Ez a függvény ϱ -ra nézve implicit, tehát átírva:

$$\varrho = F_2(I\gamma\gamma, \text{term-}\gamma, \varrho \text{ iszap, } d, \frac{Z}{A}, \text{ iszapleány, } l, Q, \text{ szonda helyzete, rétegvastagság}) \quad (3)$$

A műszer által regisztrált intenzitás ezenkívül még függvénye lesz a mérési paramétereknek is. Pl. τ időállandó, vontatási sebesség (v). A (3) alatti több-változós függvény matematikai alakja csak bizonyos feltevések mellett ismert. Behatóan *Djadkin* [3], *Filippov* [4] foglalkozott a fenti probléma matematikai tanulmányozásával. A térfogatsúly számítása ezek után a szórt sugárzás intenzitásából kétféleképpen lehetséges.

1. Elfogadjuk a közelítő matematikai összefüggést a szórt gammaintenzitás, térfogatsúly és egyéb paraméterek (pl. lyukátmérő, szondahossz stb.) között. A konkrét matematikai összefüggést, mint függvényt vizsgáljuk, és az egyes változók szerinti differenciálása alapján a számított térfogatsúlyt bizonyos hibahatárral adjuk meg (*Czubek* [2]).
2. A gamma-gamma intenzitást befolyásoló zavaró tényezőket kísérleti úton külön-külön határozzuk meg. Anélkül, hogy az intenzitás, valamint egyéb paraméterek közötti konkrét matematikai összefüggést ismernék, korrekciós görbeseregeket készítünk és ezek segítségével számítjuk ki a térfogatsúlyt.

Az alábbiakban azt vizsgáljuk meg, hogy ezzel az ún. grafikus korrekciós eljárással milyen pontossággal lehet a térfogatsúlyt megadni.

Az egyes tényezők hibáinak vizsgálatánál két szempontot lehet felállítani:

- a) vannak olyan tényezők, amelyek az alapul szolgáló fizikai jelenség természetéből következnek és ezen változtatni nem lehet. Ezeket nem mérjük, hanem a jelenség elvi alapjából kifolyólag hatnak. Itt főleg az elektronsűrűség – térfogatsúly kapcsolatának lineáris vagy non lineáris voltáról van szó. Erre vonatkozóan bizonyos korrekciókat lehet megadni.
- b) A mérésből adódó hibák: a térfogatsúly értékéhez több lépésen keresztül jutunk el. Ezek a lépések külön-külön hibával terheltek. Meg kell becsülni az egyes részhibákat, majd a hibaszámítás tételei alapján a hibaterjedést figyelembe véve adható meg a végeredmény hibája.

A probléma bonyolult, mivel nemcsak mérési hibákról van szó, hanem az egyes lépésekben beütésszámok szerepelnek és így ezek külön-külön a radioaktív bomlás jelenségének statisztikus jellegénél fogva statisztikus hibával terheltek.

A (3) egyenlet változóit vizsgáljuk:

- a) $\frac{Z}{A}$ effektus: ahhoz, hogy az elektronsűrűség – amelyet tulajdonképpen mér a szonda – lineáris kapcsolatban legyen a térfogatsúlyal, a $\frac{Z}{A} = \text{konst.}$ feltételnek kell teljesülnie. Üledékes kőzeteknél első közelítésben igaz az, hogy $\frac{Z}{A} \approx \frac{1}{2}$. Tittman és Wahl vizsgálataira hivatkozva

a $\frac{Z}{A}$ hatás üledékes kőzeteknél a térfogatsúlyt $\pm 0,006 \text{ g/cm}^3$ -rel befolyásolja, tehát nyugodtan elhanyagolható. [1]
Nem üledékes jellegű kőzeteknél más lehet a helyzet és ott valószínűleg nagy jelentősége van a $\frac{Z}{A}$ effektusnak.

- b) Iszaplepleny: a kőzetek minőségétől függően a fúróluk falán kialakuló iszaplepleny nyilvánvalóan befolyásolni fogja a térfogatsúly értékét. Az iszaplepleny (vastagságának) zavaró hatásának mértéke függvénye az iszaplepleny vastagságának és sűrűségének, valamint az iszaplepleny sűrűség és a mögötte levő kőzet sűrűsége közötti kontrasztnak. Pl. 2 g/cm^3 körüli iszapleplenyek kis hibát fognak eredményezni a $2,0 - 2,3 \text{ g/cm}^3$ sűrűségtartományban, míg az $1,3 - 1,5 \text{ g/cm}^3$ sűrűségű iszapleplenyek tekintélyes hibát okozhatnak az alacsony porozitású, nagy-sűrűségű mészkövekben. Ezen megfontolások alapján, ha iszaplepleny van jelen, a szondaindikáció egy bizonyos átlagsűrűségű iszapleplenytől és a mögötte levő kőzetsűrűségtől származik. Ezekben az esetekben mikromérések segítségével meg kell határozni az iszaplepleny vastagságát, valamint korrekciós táblázatok segítségével megbecsülni az iszaplepleny értéket.
- c) Szonda hossza: a mérés folyamán konstans, tehát a szórt gammaintenzitást nem befolyásolja. Amennyiben a szondahossz eltér a névlegestől, a korrekciós tényezők nem érvényesek. A szórt sugárzás értéke ugyanis lényeges mértékben függ a szondahossztól.
- d) Sugárforrás erőssége: a szórt sugárzás függvénye a Q forrásereőségnek. Mivel a korrekciós görbék arányított értékkel készültek, az izotóphatástól függetlenül vannak.
- e) Szonda helyzete: a mérések centírozó gyűrűvel történtek, feltesszük, hogy a szonda tengelye mindvégig párhuzamos a lyuk tengelyével, tehát pl. a szonda körüli iszaposzlop térfogata is konstans.
- f) Rétegvastagság: elsősorban az 1 m , illetve annál kisebb vastagságú rétegek esetében lényeges. A probléma szoros összefüggésben áll a τ időállandó és „ v ” vontatási sebesség megválasztásával és a későbbiekben még lesz róla szó. Mindenesetre az 1 m -nél vastagabb rétegeknél – alkalmas időállandó és vontatási sebesség mellett – elérhető, hogy nem kell alkalmazni rétegvastagság korrekciót.

Térfogatsúly meghatározásánál a kiindulási adatokat a szelvényről leolvasható nyers gamma-gamma és természetes-gamma impulzusszintek adják. Mint minden radioaktív mérésnél, úgy itt is a nyers gamma-gamma impulzusszintből ki kell vonni a természetes gammát. A későbbiekben közölt hibaszámítás során megvizsgáljuk a fenti két kiindulási adat lehetséges hibáját, valamint a hibaterjedés törvényét felhasználva a különbség lehetséges hibáját.

Az így kapott hibaérték egyúttal a térfogatsúly meghatározás pontosságát is megadja, feltételezzük, hogy a térfogatsúly meghatározásához felhasználandó görbesereg, ill. korrekciós együtthatók, valamint a szórt sugárzás intenzitása és a térfogatsúly közötti összefüggést kifejező kalibrációs görbe pontossága felülmúlja a kiszámítandó térfogatsúly pontosságát. Ez annál is inkább így van, mivel tetszőleges számú mérést lehet végezni, és a számtani közepekből képzett érték hibája pedig elhanyagolható [5].

Így a számításokba újabb hibát nem visznek. Ez egyúttal azt is jelenti, hogy az általunk kiszámított hiba alsó határt jelent.

Hibaszámitáshoz a következő összefüggést használtuk fel:

$$x_1 \pm x_2 = P \quad (Sd)p = \sqrt{(Sd)x_1^2 + (Sd)x_2^2} \quad (4)$$

Ez az összefüggés a radioaktív jelenségek statisztikus jellegéből adódik a valószínűségszámítás tételeinek felhasználásával.

Első lépésként vizsgáljuk a nyers $I\gamma\gamma$ impulzus szintjének kiolvasását. Általánosságban egy radioaktív karottázs regisztrátum relatív statisztikus ingadozása a következővel egyenlő:

$$\delta I = \frac{1}{\sqrt{2I\tau}} \quad (5)$$

A (5) összefüggés végeredményben azonos a pontméréseknél használt $\pm\sqrt{I}$ -vel, az alaki eltérés onnan adódik, hogy integrátoros lyukműszer esetén 2τ időtartamra történő átlagolásról van szó. A szelvényről történő kiolvasás esetén a $\pm\delta I$ -t felrakjuk a görbe mentén. Ezáltal megkapjuk a fluktuációs sávot. Ha az amplitudó 2–3-szorosa ennek a fluktuációs sávnak, akkor réteghatásról van szó, kisebb amplitudó esetén geológiai interpretáció nem adható. Az elmondottak vonatkoznak az $I\gamma\gamma$ -ra és $I_{term-\gamma}$ -ra is. Számítások kiindulásához konkrét értékekre van szükség. Számos terepi szelvény átvizsgálása során azt kaptuk, hogy a gamma-gamma görbék intenzitásszintje egy széles intervallumban változik. Ez az intervallum 2000-től 20 000 cpm-ig terjed. Az intervallum természetesen függvénye a használt izotóp erősségének. A fenti intervallum 10–13 mcCo⁶⁰ izotópra vonatkozik. Hogy a számítást végig vihessük, szükséges bizonyos mérési paraméterek konstanson tartása. A továbbiakban ezért feltesszük:

$$\begin{aligned} \tau &= 12 \text{ sec} = 0,2 \text{ min} \\ v &= 3 \text{ m/p} \\ h &= 1 \text{ m} \end{aligned}$$

A gamma-gamma görbék intenzitás szintjének széles tartománya célszerűvé teszi, ha a vizsgált kőzeteket három csoportba osztjuk:

- I. Kis térfogatsúlyú anyagok $1,0 - 1,6 \text{ g/cm}^3$
- II. Közepes térfogatsúlyú anyagok $1,6 - 2,2 \text{ g/cm}^3$
- III. Nagy térfogatsúlyú anyagok $2,2 - 3,0 \text{ g/cm}^3$

A hibaszámítást elvégezve három hibasávot fogunk kapni, amelyek majd magukba foglalják az $1,0 - 3,0 \text{ g/cm}^3$ térfogatsúly tartomány teljes hosszát. A beütésszám erősen függ a vizsgált kőzet sűrűségétől és a (5) összefüggés alapján különböző pontosságú térfogatsúly értéket fogunk kapni a vizsgált térfogatsúly tartomány egyes helyein. Azt lehet mondani, hogy a pontosság függvénye a térfogatsúlynak. Az intervallumhoz tartozó minden egyes térfogatsúly érték megvizsgálása hiba szempontjából túlságosan nagy munka lenne, és úgy gondoljuk, hogy elegendő a vizsgált tartomány három részére vonatkozó hibabecslés ahhoz, hogy az éppen rendelkezésünkre álló térfogatsúlyról pontosabb információt kapjunk. Ezek után a számítások részletesebb ismertetése nélkül közöljük a három tartományra vonatkozó, a hibaterjedéssel kapott végeredmények relatív hibáit.

Megjegyzendő hogy amint növekszik a térfogatsúly, úgy kezd számottevő lenni a természetes gamma hatása a különbség relatív hibájára.

Impulzusszám alapján az egyes tartományok felosztása a következő:

- I. 20 000 cpm – 10 000 cpm
- II. 10 000 cpm – 5 000 cpm
- III. 5 000 cpm – 2 000 cpm

Természetes gammaként a számításokban végig 500 cpm-el dolgoztunk. Az egyes tartományokra a következő értékeket kaphatjuk:

- | | |
|---|---------------|
| I. 0,011 g/cm ³ – 0,026 g/cm ³ | 1,15% – 1,65% |
| II. 0,026 g/cm ³ – 0,057 g/cm ³ | 1,65% – 2,6% |
| III. 0,057 g/cm ³ – 0,15 g/cm ³ | 2,6 % – 5,2 % |

Vizsgáljuk meg közelebről a kapott térfogatsúly pontosságát. Megállapítható, hogy 2,2 g/cm³-ig kielégítő pontosságú, azonfelül azonban célszerű a pontosságot fokozni. A pontatlanság oka a nagysűrűségű anyagok viszonylag kicsiny intenzitás szintjében keresendő és abban, hogy a természetes-gamma hibája nagymértékben ráakódik a végeredményre. Ezenkívül a meghatározás pontosságát a nagysűrűségű anyagok tartományában kedvezőtlenül befolyásolja az intenzitás – térfogatsúly kalibrációs görbe ellaposodása: kis intenzitásváltozás is nagy térfogatsúly változást eredményezhet. A pontosság fokozásának lehetőségei:

1. a (5) összefüggés szerint a regisztrátum relatív statisztikus ingadozása csökkenthető az időállandó (τ) növelésével. Ha pl. (τ)-t megkétszerezzük, $\tau = 0,4 \text{ min}$, akkor a már ismertetett számítások szerint a térfogatsúly relatív hibája a III. tartomány felső határán 5,2%-ról 3,7%-ra esik le, ami azonban még mindig 0,11 g/cm³ hiba. Ez az út tehát nem járható. Másrészt nem is célszerű az időállandó növelése, mert romlik a felvétel felbontó képessége. Vékony rétegek esetében ugyanis a szonda szinte elsuhan a réteg előtt anélkül, hogy kialakulhatna a rétegre jellemző impulzusszint. Ez réteggörbekorrekciós táblázatok használatát teszi szükségessé, ami a pontosságot elronthatja. Elvileg ezen úgy lehetne segíteni, hogy csökkentenénk a vontatási sebességet. Ennek azonban alsó határt szab a gazdaságosság. Általában $v = 200 \text{ m/óra} \approx 3 \text{ m/perc}$ vontatási sebesség alá menni nem gazdaságos, mivel nagyon megnöveli a mérés idejét. Ha $v = 3 \text{ m/p}$ és $\tau = 24 \text{ sec} = 0,4 \text{ min}$, akkor egy $h = 1,5 \text{ m}$ -es réteg esetében a réteggel szemben regisztrált intenzitás a tényleges intenzitásnak csak 68%-a lesz. Az eredmény: a ténylegesnél nagyobb sűrűségűnek értékeljük ki. Ilyenkor rétegvastagság korrekciós görbéket kell használni.

2. A (5) összefüggés szerint egy másik mód az I intenzitás növelése. Ez a számítások szerint célszerű. Pl. ha az I-t megháromszorozzuk, és $\tau = 0,2 \text{ min}$, akkor a III. tartomány felső határánál 5,2%-os hibája 2,3%-ra javul ami 0,07 g/cm³-nek felel meg. Ezzel párhuzamosan javul az I-es és II-es tartományban is a pontosság mindkét oldalon. Az eddigiek alapján levonható következtetések szerint ahhoz, hogy a gamma-gamma görbéből 0,05 – 0,06 g/cm³ pontossággal számíthassuk ki a térfogatsúlyt a nagysűrűségű anyagok tartományában, szükséges:

a nagy térfogatsúlyú anyagok is viszonylag nagy beütésszámmal jelentkezzenek (30 – 40 mc Co⁶⁰), fűrőlyukátmérő nagy pontosságú ismerete (1 – 2 mm), fűrőiszap fajsúlyának ismerete 0,01 g/cm³ pontossággal. A leg-

utolsó feltétel — eltekintve a gravitációs ülepedéstől — teljesíthető, míg a lyukátmérő ismerete cm -nyi pontossággal adható csak meg. Ez rontja a térfogatsúly pontosságát.

Ezek alapján arra a következtetésre lehet jutni, hogy bizonyos átmérő után a falhozszorítás technika alkalmazása az átmérőből származó hatást csökkentve ígérkezik perspektivikusnak a nagy pontosságú térfogatsúly mérésére. Ebben az esetben az izzaplepeny hatása is lecsökkenthető. Az intenzitás növelése többféleképpen lehetséges. Pl. nagyobb erősségű sugárforrás használata. Ebben az esetben viszont meg kell vizsgálni a használt mérőrendszer viselkedését a nagyobb impulzusszámok tartományában linearitási szempontból. Lehet, hogy a nagysűrűségeknel fokozódik a pontosság, ha viszont megszünik a mérőrendszer linearitása, akkor a kissűrűségű anyagokra nézve leromlik a számított térfogatsúly érték pontossága. Egy másik mód az impulzusszámok növelésére nagyobb érzékenységgű detektorok használata. Ez pl. a szcintillációs módszer. További eljárás a pontosság fokozására a kollimációs technika. Ha az eredményeinket összehasonlítjuk Czubek [2] munkájával, akkor a következőket lehet megállapítani:

1. Nagy térfogatsúly értékeknél Czubek szerint is a térfogatsúly meghatározásának hibája növekszik.

2. Normális terepi körülmények között, amikor a kalibrációs görbe $0,5\%$ pontossággal ismeretes, a térfogatsúly interpretációban levő minimális lehetséges hiba $1-2\%$ körül van.

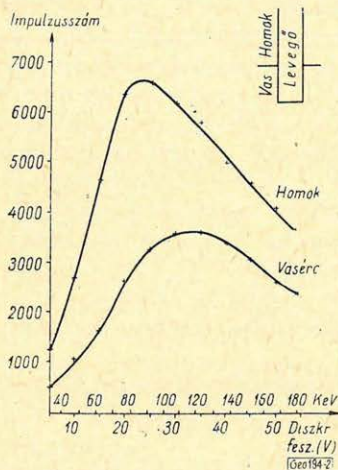
3. A térfogatsúly végső eredményéhez a τ , v és h semmiféle jelentős hozzájárulást nem adnak. Ez nyilvánvaló, hiszen a mérés folyamán konstansok. A térfogatsúly hibájának legfőbb adalékot a kalibráció, valamint a kalibrációs görbe hibája adja és ezenkívül a terepi mérések hibái.

Eredményeink és a Czubek cikk [2] összehasonlítása talán azért nem szerencsés — bár következtetések egyeznek —, mivel különböző úton közelítik meg a problémát. Ugyanakkor az eredmények egyezése kontrollként is felfogható. A GM csővel végzett gamma-gamma szelvényezés esetében a regisztrált gammakvantumok a legkülönbözőbb energiájúak lehetnek. A szóródáskor ugyanis a primér energia, valamint a szórások számának a függvényében a szórt gamma kvantumnak az energiája egy széles energiasávot ölel fel. A szórt sugárzás spektrumának egyes tartományai különböző információkat rejtnek magukban a szóró közegről. A térfogatsúly szelvényezéshez lényegében a spektrum kemény energiájú részét hasznosítjuk $4-500 keV$ alsó határig. Itt a gammakvantumok és anyag közti kölcsönhatás Compton-szóródás formájában megy végbe.

Előzőekben említettük, hogy a fotoabszorpció közelítőleg arányos a rendszám 5. hatványával és fordítva arányos az energia 3. hatványával. Így kézenfekvő a következtetés: ha a spektrum lágy tartományait vizsgáljuk, ott első sorban a fotoeffektus fog dominálni. Ezt csak mégjobban elősegíti a kőzetben levő nagy rendszámú elem. Feladat tehát a szórt sugárzás spektrumának alacsony energiájú részét megvizsgálni. Ez az ún. szelektív gamma-gamma módszer. A vizsgálatok perspektivikusak lehetnek az érces zónák kimutatására.

A modellkísérletek elvégzésére olyan eszközt kellett tehát használni, amely energia érzékeny. A méréseket $NK-108$ -as típusú energiára hitelesített energiaszelektív számlálóval és ehhez kapcsolt szcintillációs mérőfejjel végeztük. Az alacsony energiák detektálását a szondaház PVC anyaga nem akadályozta. A hitelesített mérőberendezés lehetővé tette a $30 keV - 1200 keV$ közötti ener-

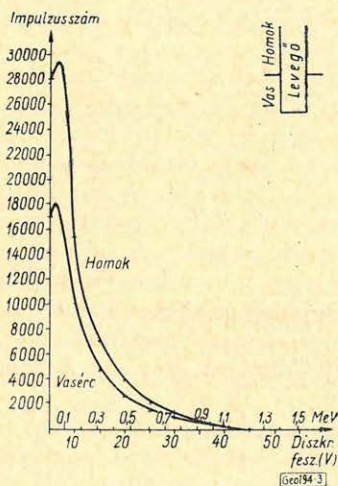
giatartomány vizsgálatát. A méréseket mesterségesen összeállított rétegsorban végeztük, amely különböző nehéz elemeket tartalmazott. Első esetben homok és vasérc rétegeket tartalmazó rétegsort vizsgáltunk. A Co^{60} forrással végzett szórt sugárzás vizsgálatok homokban, ill. vasércben, az ábrákon láthatók (2., 3., 4. és 5. ábra).



2. ábra. Szórt sugárzás energiaeloszlása fúrólukmodellben, használt sugárforrás: $Co^{60} = 5 mC$ (alacsonyabb energiákra)

Фиг. 2. Распределение энергии рассеянного излучения на модели скважины. Исползо ванный источник излучения - $Co^{60} = 5$ мкюри (для низких величин энергии)

Abb. 2. Die Verteilung der Streustrahlungsenergie in einem Bohrlochmodell; verwendete Strahlquelle: $Co^{60} = 5 mC$ (für niedrigere Frequenzen)



3. ábra. Szórt sugárzás energiaeloszlása fúrólukmodellben, használt sugárforrás: $Co^{60} = 5 mC$ (teljes energia tartományra) (a bal oldali $0 - 0,2 MeV$ -es tartomány megfelel a 2. ábrának)

Фиг. 3. Распределение энергии рассеянного излучения на модели скважины. Исползованный источник излучения - $Co^{60} = 5$ мкюри (для всего диапазона энергии)

Abb. 3. Die Verteilung der Streustrahlungsenergie in einem Bohrlochmodell; verwendete Strahlquelle: $Co^{60} = 5 mC$ (für den ganzen Energiebereich)

A mérések során 2 V-os diszkriminációs feszültségközzel tapogattuk végig a 30 keV - 1200 keV közötti energiatartományt.

Az ábrák alapján levonható következtetések:

1. A fúrásban levő közeg (levegő, víz) a kialakult spektrum alakját nem változtatja meg, csak az impulzusszintet.

2. 100 keV energiaérték körül figyelhető meg a nagyjából azonos térfogatú homok, vas öszletben a görbék legnagyobb elkülönülése. Ennél kisebb és nagyobb energiaértékeknél a görbék összetartanak.

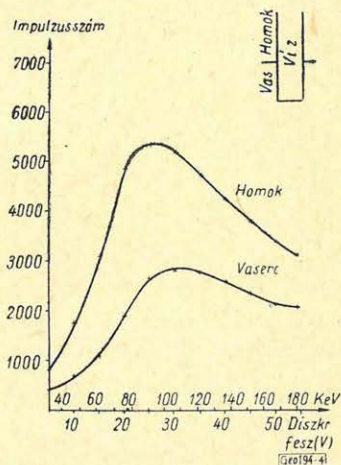
Vizsgáljuk meg a 100 keV körüli energiaértékhez tartozó impulzusszámokból képzett hányadosokat, mint a differenciálóképesség jellemzőjét.

| | | | | |
|---------------|---------------|---|------------|-----------|
| | <i>levegő</i> | | <i>víz</i> | |
| <i>homok</i> | 6840 | } | 5560 | } 1,82 |
| <i>vasérc</i> | 3700 | | 3060 | |
| | | | | Co^{60} |

4. ábra. Szórt sugárzás energiaeloszlása fúrólukmodellben, használt sugárforrás: $Co^{60} = 5\text{ mC}$

Фиг. 4. Распределение энергии рассеянного излучения на модели скважины. Использованный источник излучения - $Co^{60} = 5\text{ мкюри}$

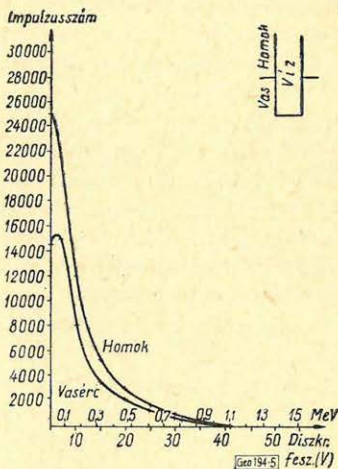
Abb. 4. Die Verteilung der Streustrahlungsenergie in einem Bohrlochmodell; verwendete Strahlquelle: $Co^{60} = 5\text{ mC}$



5. ábra. Szórt sugárzás energiaeloszlása fúrólukmodellben, használt sugárforrás: $Co^{60} = 5\text{ mC}$ (a bal oldali $0 - 0,2\text{ MeV}$ -es tartomány megfelel a 4. ábrának)

Фиг. 5. Распределение энергии рассеянного излучения на модели скважины. Использованный источник излучения - $Co^{60} = 5\text{ мкюри}$ (диапазон от 0 до $0,2\text{ мэв}$ в левой стороне фигуры соответствует фигуре 4)

Abb. 5. Die Verteilung der Streustrahlungsenergie in einem Bohrlochmodell; verwendete Strahlquelle: $Co^{60} = 5\text{ mC}$ (der Bereich $0 - 0,2\text{ MeV}$ an der linken Seite entspricht der Abb. 4.)



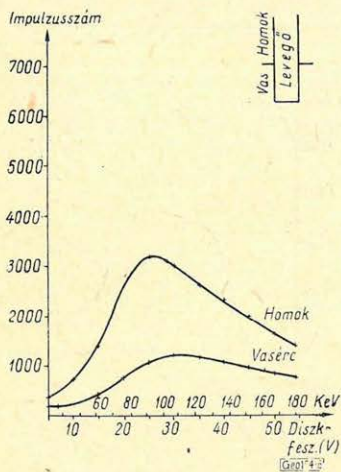
Az elmélet alapján a differenciálóképesség függvénye kell, hogy legyen a primér energiának. Azt várjuk, hogy amennyiben csökken a primér energia, növekszik a felbontóképesség. A kísérletek igazolták a feltevést.

Az alacsony energiájú tartományban a (2., 3., 4. és 5) ábrákon látható mérésekhez hasonló méréseket végeztünk Cs^{137} -es izotóppal is. A primér energia ebben az esetben 660 keV , tehát kb. fele a Co^{60} -nak.

Az eredmények a 6. ábrán láthatók.

Képezzük a megfelelő hányadosokat:

$$\left. \begin{array}{l} \text{homok} \quad 3180 \\ \text{vasérc} \quad 1200 \end{array} \right\} 2,56 \quad Cs^{137}$$



6. ábra. Szórt sugárzás energiaeloszlása fúrólukmodellben, használt sugárforrás: $Cs^{137} = 8 \text{ mC}$

Фиг. 6. Распределение энергии рассеянного излучения на модели скважины. Использованный источник излучения - $Cs^{137} = 8 \text{ мкюри}$

Abb. 6. Die Verteilung der Streustrahlungsenergie in einem Bohrlochmodell; verwendete Strahlquelle: $Cs^{137} = 8 \text{ mC}$

A két ábra összevetése alapján megállapítható, hogy a differenciálóképesség kb. 40%-kal javult. A spektrum alakja nem változott, csak az impulzusszintek nagysága. Már ebből a két ábrából is látható, hogy a spektrum csúcsa bizonyos balratorodást mutat. Ez a balratorodás az ún. effektív rendszámmal van összefüggésben. Nagyobb effektív rendszámú (pl. vas) anyag spektrum csúcsa a kisebb effektív rendszámútól jobbra helyezkedik el.

A különbséget a homok és vas elkülönítése esetén mindenképpen a rendszámhatásban kell keresnünk. A vasérces közegben az effektív rendszám nagyobb mint a homokban, ezért itt nagyobb a fotoeffektus hatáskeresztmetszete. Ennek következtében nagyobb a gammakvantumok elnyelése.

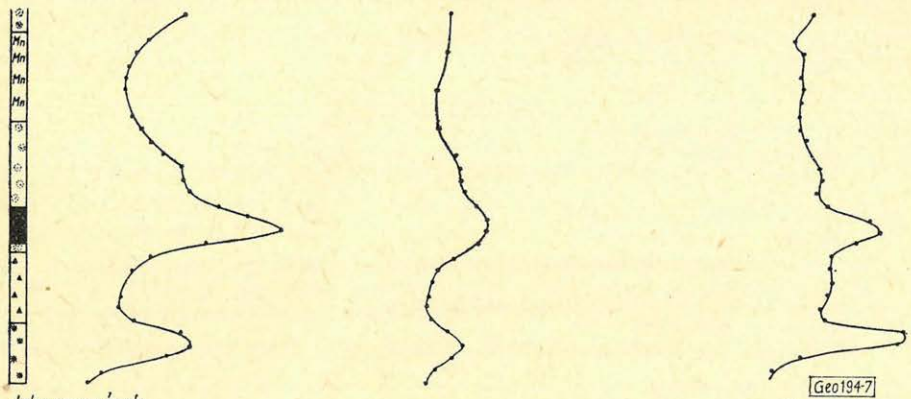
Az eredmények alapján továbbfejlesztettük a kísérleteket. A rétegsort mangánnal és szénnel bővítettük ki. Az így kialakult mesterséges rétegsorban három teljes szelvényt vettünk fel 10 cm-kénti pontmérés formájában. A primer energiát Se^{75} izotóp alkalmazásával tovább csökkentettük. (7. ábra).

A 7. ábra görbéi alapján egyértelműen megállapítható, hogy a legnagyobb felbontóképességgel az ún. differenciális szelektív gamma-gamma görbe rendelkezik. Hozza a mangánt, vasat, szenet, homokot stb. A (2., 3., 4., 5. és 6) ábrák alapján látható, hogy az alacsony energia tartományban a spektrum rendszámra, azaz anyagi minőségre legérzékenyebb része 110 keV körül van. Ezért a mérések során ennek az energiának megfelelő, 2 V szélességű csatornára (31 V diszkriminációs feszültség) álltunk be.

A mangán és a vas impulzusszintjében jelentkező különbség valószínűleg a nem egyforma tömörödés következménye, a fotoabszorpció ugyanis a két elemre nézve kb. egyforma a majdnem azonos rendszám miatt. A bauxit csúcsos jellege a magas term.-gamma szinttel magyarázható. A görbe érdekessége a szén hatalmas kiugrása.

A szén esetében a két jelenség, a fotoabszorpció és a Compton-szórás azonos hatást vált ki. Az alacsony rendszám miatt kicsi a fotoabszorpció

Differenciális szelektív γ - $\gamma^{75}\text{Se} \approx 20\text{mc}$ Diff. szelektív γ - $\gamma^{60}\text{Co} \approx 5\text{mc}$ Integrális γ - $\gamma^{60}\text{Co} \approx 5\text{mc}$
 (110 keV energiájú γ -kvantumok regisztr.) (110 keV energiájú γ -kvantumok regisztr.) (600 keV-nél nagyobb energiájú γ -kvantumok regisztr.)
 0 10^4 $2 \cdot 10^4$ $3 \cdot 10^4$ imp-szám 0 10^4 $2 \cdot 10^4$ imp-szám 0 10^4 $2 \cdot 10^4$ $3 \cdot 10^4$ $4 \cdot 10^4$ imp-szám



Jelmagyarázat:
 ▽ Vas ▣ Bauxit
 ▢ Mangán ▣ Szén
 ▣ Homok

7. ábra. Szórt sugárzás vizsgálata fúrólukmodellben
 Fig. 7. Изучение рассеянного излучения на модели скважины
 Abb. 7. Untersuchung der Streustrahlung in einem Bohrlochmodell

hatás, tehát kevés gammakvantum nyelődik el, a kis térfogatsúly miatt pedig a Compton-szórás hatáskeresztmetszete is lecsökken, tehát ez szintén magas impulzusszámot eredményez. A kettő együtt növeli az impulzusszám kontrasztot a többi réteghez viszonyítva.

Ugyanez a görbe Co^{60} -al jellegre teljesen hasonló, de impulzusszámban nincsenek olyan éles különbségek, tehát bizonytalanabb a rétegek elkülönülése is.

A 3. görbe megfelel a hagyományos gamma-gammának. A görbe értelmezésénél rá kell mutatni a bauxit szénnél nagyobb kiemelkedésére, ami a természetes gammával magyarázható. A természetes sugárzás tudvalevően kemény komponenseket tartalmaz, amelyek az első két felvételnél nem nagyon érvényesülnek, szemben a harmadikkal. A vas és mangán bizonytalanul jelentkezik, és éppen fordítva, ami a mangán nagyobb térfogatsúlyát jelentené, ez pedig a beépítés körülményeit figyelembe véve, majdnem kizárt.

Az elvégzett kísérletek alapozó jellegűek és azt a célt szolgálták, hogy tisztázzák a szelektív gamma mérések optimális paramétereit.

IRODALOM

[1] J. Tittman — J. S. Wahl: The physical foundations of formation density logging. Geophysics, Vol. XXX, No 2. 1965.
 [2] J. A. Czubek: A gamma-gamma szelvényezés fizikai lehetőségei. Magkutató Intézet, Krakko. (Varsói konferencia anyaga.)
 [3] N. Djadkin: Gamma-gamma lyukszelvényezés elmélete. Akad. Nauk. SSSR. Izv. Ser.-geofiz. No 4. 1955.
 [4] E. M. Fjilipov: Prikladnaja jadernaja geofizika. Moszkva. 1962.
 [5] Nagy L. Gy.: Neutronaktíválások vizsgálatok. Bp. Műszaki K. 1966. (Új Technika).

Egyesületi hírek

A Magyar Geofizikusok Egyesülete január 18-i Országos Elnökségi ülésének határozata értelmében az Egyesület szakosztályai, bizottságai élére az alábbi vezetőket választotta:

Általános Geofizikai Szakosztály:

Elnök: *Haáz István Béla*

Titkár: *Aczél Etelka*

Felszíni Geofizikai Szakosztály:

Elnök: *Rádler Béla*

Titkárok: *Király Ernő és Polcz Iván*

Mélyfúrási Geofizikai Szakosztály:

Elnök: *Barlai Zoltán*

Titkárok: *Lakatos Sándor és Salamon Batur*

Automatizálási és Információfeldolgozási Bizottság:

Elnök: *Müller Pál*

Titkárok: *Fölsz Attila és Zilahy-Sebess László*

Közgazdasági Bizottság:

Elnök: *Honfi Ferenc*

Titkár: *Ujhelyi György*

Nevezéktani Bizottság:

Elnök: *Tolmár Gyula*

Titkár: *Lendvai Károly*

Oktatási Bizottság:

Elnök: *Stegena Lajos*

Titkár: *Szamos Géza*

Tudományos Bizottság:

Elnök: *Barta György*

Titkár: *Haáz Istvánné*

A Magyar Geofizika c. lap szerkesztő bizottsága:

Felelős szerkesztő: *Sebestyén Károly*

A szerkesztő bizottság tagjai: *Czeplédi I., Posgay K., Rádler B., Renner J.*

A XIII. Szimpózium előkészítő bizottságának tagjai:

Vezetője: *Szabadvány László*

Tagok: *Bádonyi G., Deres J., Király E., Ujfaluzy A., Zsitvay Sz.*

Fiatal szakemberek ankétjának szervezői:

Ráner Géza és Sággy György

A XIII. Geofizikai Szimpózium időpontja: 1968. szept. 24–27. Helye: Budapest. Az előadások ideje alatt szept. 24–26. között műszerbemutatót tervezünk a kapcsolódó vállalatok, intézmények bevonásával.

A tanulmányi kirándulás időpontja: szept. 27. Helye: Esztergom – Tatatóvóras.

A rendezvény közös az NDK Földtudományi Egyesülete Geofizikai Szakcsoportjával.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|------------|
| <i>Оскар, А.</i> : О поверхностных волнах-помехах в сейсморазведке | 41 |
| <i>Кирай, Е. – Сабадвари, Л. – Верё, Й.</i> : Электроразведочная аппаратура GE – 40 для работ по методу ВЭЗ | 54 |
| <i>Йеш, А.</i> : Исследование глубоких скважин геофизическими методами | 60 |
| <i>Месарош, Ф.</i> : Исследование скважин по методу рассеянного гамма-излучения с использованием различных источников гамма-лучей | 69 |
| Новости в Обществе Венгерских Геофизиков | 53, 68, 80 |

INHALTSVERZEICHNIS

| | |
|--|------------|
| <i>Ádám, O.</i> : Seismische Störwellen | 41 |
| <i>Király, E. – Szabadváry, L. – Verő, J.</i> : Das geoelektrische Gerät GE – 40 für Tiefsondierungen | 54 |
| <i>Jesch, A.</i> : Geophysikalische Messungen in Tiefbohrungen | 60 |
| <i>Mészáros, F.</i> : Über die Bohrlochmessungen nach der Gamma-Streustrahlungs-Methode mit verschiedenen Isotopen | 69 |
| Nachrichten der Ungarischen Geophysikalischen Gesellschaft | 53, 68, 80 |

Nyomdai kézirat elkészítésének előírásai

A Magyar Geofizika szerkesztősége csak az alábbi módon elkészített kéziratot fogadja el:

A kézirat A/4-es papíron (normál irodapapír) két példányban küldendő be. Ezek közül az egyik példány első gépelés legyen. (Indigóval készült másolatot a nyomda nem fogad el.) A papírlapon csak az egyik oldalra lehet gépelni 2-es sortávval. Egy-egy sorban 50 betűhely lehet. A bal margót az írógép 20-as beosztására kell állítani. Egy oldalon 25 sor gépelés lehet. A gépelt szövegben minden szükséges ékezetet fel kell tüntetni, amelyik nincs az írógépen, azt tollal utólag kell felrakni.

A táblázatokat külön lapra kell gépelni, helyüket a folyamatos szöveg bal oldali margóján is fel kell tüntetni.

A rajzokat tussal kell megrajzolni pausz vagy fehér papíron. A különböző jelölések csak csíkozással, pontozással oldhatók meg, színezett rajzok nem közzélhetőek. Csak kemény, kontrasztos fényképfelvételek fényes papírra készült másolatai alkalmasak a közlésre. Térképeken, szelvényrajzokon a léptéket rajzos léptékben adjuk meg. Az ábrák aláírását, lábjegyzeteket külön lapra kell gépelni, sorrendjüknek megfelelően.

Minden rajzon, fényképen fel kell tüntetni az ábrák számát, valamint nyíllal meg kell jelölni a felső szélét.

A kéziratban a görög, gót betűket, matematikai ábrákat és képleteket rajzolt betűkkel (nem folyóírással) kell feltüntetni.

A cikkhez a lapban orosz, valamint német kivonatot közlünk. Kérjük a szerzőt, hogy ennek szövege röviden ismertesse a tanulmányt úgy, hogy az az összefoglalás alapján érthető legyen.

Amennyiben az idegen nyelvű összefoglalást a szerzőnek nem áll módjában a fenti két idegen nyelven megadni, úgy kérjük annak fordításra alkalmas magyar nyelvű kivonatát 3 példányban.

A fordítás költségét, valamint a nem szabvány formában érkező kézirat gépelési költségét a szerzői díjából térítjük meg.

SZERKESZTŐSÉG