

## **RADIOAKTÍV FŰRÓLYUKMODELL-MÉRÉSEK LEGÚJABB EREDMÉNYEI**

**ANDRÁSSY LÁSZLÓ – MÉSZÁROS FERENC – UHLMANN NORBERT\***

Л. АНДРАШИ – Ф. МЕСАРОШ – Н. УЛМАН

РЕЗУЛЬТАТЫ РАДИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА МОДЕЛЯХ  
БУРОВЫХ СКВАЖИН

Описываются методика и эталонирование измерений по методу ГГК с двумя детекторами на моделях буровых скважин, а также эталонная кривая и номограмма для определения плотности.

Дается краткое описание аппаратуры, рассматриваются вопросы метода НК и приводятся некоторые результаты.

L. ANDRÁSSY – F. MÉSZÁROS – N. UHLMANN

RECENT RESULTS IN RADIOACTIVE PROBE-CALIBRATIONS UNDER MODEL-  
WELL CIRCUMSTANCES

The technique and calibration of two-detector gamma-gamma logging under model-well circumstances are described, together with the test-curve and the nomogram for density determination.

A brief review of the test-equipment, the problems of neutron-loggings and some results are attached.

A mélyfúrési geofizikai komplexusban egyre inkább előtérbe kerülnek a radioaktív módszerek. Amíg a klasszikus eljárások (ellenállás, PS, indukciós, laterolog) kidolgozott elméleti, értelmezési görbesereggekkel rendelkeznek, a radioaktív módszereknél a fúróluk viszonyokra alkalmazható kiértékelő diagramok nem minden esetben állnak rendelkezésre. A feladat megoldására három lehetőség kínálkozik:

1. az irodalomban közölt diagramok alkalmazása saját viszonyainkra;
2. matematikai egyenletek megoldása a fúrólukparaméterek figyelembevételével;
3. fúrólukmodell-mérésekkel hitelesített korrekciós diagramok kimérése.

A szerzők a 3. utat választották és a tanulmányban e problémakör eddigi eredményeinek összefoglalásával foglalkoznak.

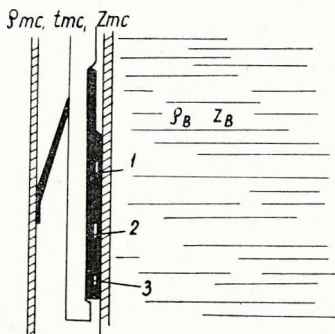
\* M. Áll. Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, Budapest.  
A kézirat beérkezése: 1969 június 12.

## A kétdetektoros gamma-gamma szelvényezési eljárás és hitelesítési technikájának kidolgozása fúróluk modellen

A gamma-gamma szelvényezés mennyiségi értelmezésének megoldatlan problémája az iszap és a lyukátmérő hatásának kiküszöbölése nagyátmérőjű fúrásoknál. A probléma megoldására a Schlumberger-társaság kidolgozta a „Kétdetektoros formáció sűrűség-szelvényezés” elméletét és módszerét. Az eljáráshoz használt szonda vázlatos rajza az 1. ábrán látható.

A fúróluk által harántolt kőzetekre jellemző a  $\rho_B$  térfogatsúly és a  $Z_B$  atomszám. A szonda és a kőzetmátrix között egy  $t_{mc}$  vastagságú  $\rho_{mc}$  sűrűségű és  $Z_{mc}$  atomszámú iszaplepeny foglal helyet.

A két detektorral kapott beütésszámok az 5 független változó paraméterre általában különböznek, mert a rövid detektor a szondát közvetlenül körülvevő anyag térfogatsúlyára érzékeny. A forrástól nagyobb távolságra elhelyezett detektor a kőzetmátrixra érzékeny.



1. ábra. Kétdetektoros szelvényező berendezés vázlatos rajza:

1. hosszú térközü detektor,
2. rövid térközü detektor, 3. forrás.

$\rho_{mc}$  = iszaplepeny fajsúlya  
 $t_{mc}$  = iszaplepeny vastagsága  
 $Z_{mc}$  = iszaplepeny rendszáma

Фиг. 1. Схема каротажного устройства с двумя детекторами

- 1 — детектор с длинной базой
- 2 — детектор с короткой базой
- 3 — источник

$\rho$  — удельный вес глинистой корки  
 $t$  — толщина глинистой корки  
 $Z$  — атомное число глинистой корки

Fig. 1 Scheme of the two-detector logging device:

1. long-base detector, 2. short-base detector, 3. source.

$\rho$  = specific weight  
 $t$  = thickness  
 $Z$  = atomic number } of mudcake

A gyakorlatban az 5 paraméter nem egyformán hat a mérésekre. A legtöbb képződeményre a térfogatsúly jellemző. A detektorok függése  $Z_{mc}$ -től kiküszöbölhetetlen, ha az iszapot barittal keverik. Vizsgálatainkat ezért baritmentes iszaplepenyre végeztük, ahol a látszólagos iszaplepenysűrűség a valódi  $\rho_{mc}$  iszaplepenysűrűséggel egyezik meg. Ilyenformán a beütésszámot befolyásoló 5 paraméter 3-ra csökken.

A következőkben a  $\rho_B$ , a  $\rho_{mc}$  és a  $t_{mc}$  hatását a mért beütésszámokra külön-külön vizsgáljuk meg.

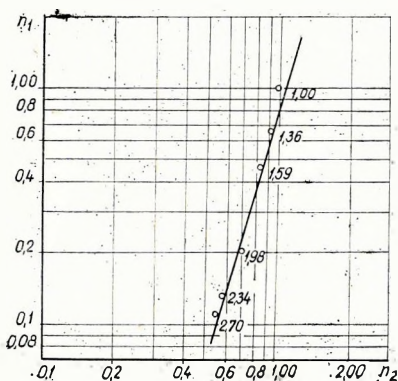
Iszaplepenymentes ( $\rho_{mc} = 0$  és  $t_{mc} = 0$ ) környezetben, tökéletes falhozszorítás és ólomárnyékolás mellett a gamma-gamma méréseket befolyásoló egyedüli paraméter a kőzetek változó térfogatsúlya. Ez az állapot egyúttal az ideális hitelesítési feltétel.

Modellmérésekkel meghatározott rövid ( $d_r = 44$  cm) és hosszú ( $d_h = 60$  cm) szondahosszakkal a modelltelepen megépített különböző térfogatsúlyú etalonokban hitelesítő méréseket végeztünk és a mérési eredményeket a 2. ábrán látható rendszerben ábrázoltuk.

A térfogatsúlyértékek egy egyenesre esnek. Az ábrán látható egyenes a kétdetektoros gamma-gamma szelvényezési eljárás hitelesítő görbéje 60 mm-es GM csöves radioaktív szondára. A mérések a fúrólukviszonyok mellett az iszaplepenyhatásoktól nem függetleníthetők. Figyelembe kell tehát venni az iszap-

lepeny  $\rho_{mc}$  sűrűségét és  $t_{mc}$  vastagságát. Különböző fajsúlyú és vastagságú iszaplepenyek hatását megadó korrekciós diagramok szerkesztésére (közös alapelveből kiindulva) kettős utat választottunk. A kőzet  $\rho_B$  térfogatsúlya, valamint az iszaplepeny  $t_{mc}$  vastagsága és  $\rho_{mc}$  fajsúlya megszabja a két detektorral kapott beütésszámok viszonyát. Vastag iszaplepenynél a két detektorból kapott információk azonosak; nincs különbség réteg, illetve iszaplepenyhatás között. Hasonló a helyzet akkor is, ha az iszaplepeny fajsúlya megegyezik a réteg térfogatsúlyával. Az iszaplepeny hatását korrekcióba vevő diagramok szerkesztését részben irodalmi adatok, részben modellméréseink eredményeinek felhasználásával végeztük.

A 3. ábrán a Schlumberger-féle elágazó görbesereghez hasonló görbesereg látható. A bázisegyenest iszaplepenymentes környezetre a  $2,00 \text{ g/cm}^3$ ,  $2,05 \text{ g/cm}^3$ ,  $2,20 \text{ g/cm}^3$ ,  $2,40 \text{ g/cm}^3$  és  $2,70 \text{ g/cm}^3$  térfogatsúlyértékek határozzák meg. A bázisegyenestől jobbra, különböző térfogatsúlyértékeknél elágazó görbék egyes pontjait, az iszaplepenysűrűség ( $\rho_{mc}$   $1,0 \text{ g/cm}^3$ ;  $1,4 \text{ g/cm}^3$  és  $1,75 \text{ g/cm}^3$ ) és vastagság ( $t_{mc}$   $6,3 \text{ mm}$ ,  $12,6 \text{ mm}$ ,  $18,9 \text{ mm}$ ) értékei határozzák meg.

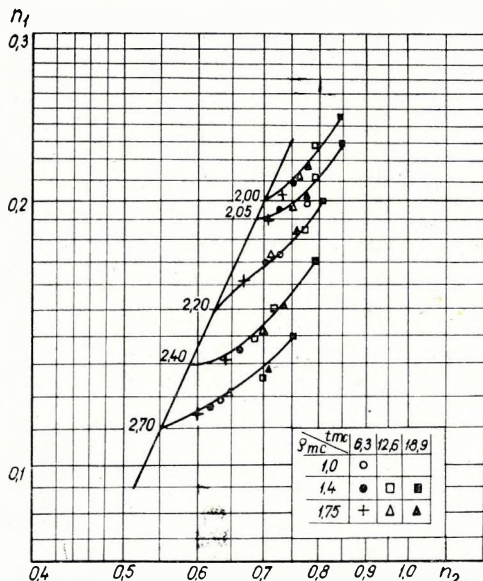


2. ábra. Hálózati radioaktív szonda (60 mm-es) térfogatsúly hitelesítő görbéje rövid és hosszú szondákra, iszaplepenymentes közegre:  
 $n_1$  hosszú szonda beütésszámarány  
 $n_2$  rövid szonda beütésszámarány

Фиг. 2. Эталонная кривая объемного веса для зонда РК (60 мм) для среды без глинистой корки:

$n_1$  — диапазон счета длинного зонда  
 $n_2$  — диапазон счета короткого зонда

Fig. 2 Volume weight calibration curve of the (60 mm  $\Phi$ ) radioactive network borehole-device for short and long devices and media free from mudcake:  
 $n_1$  — counting rate of long device  
 $n_2$  — counting rate of short device



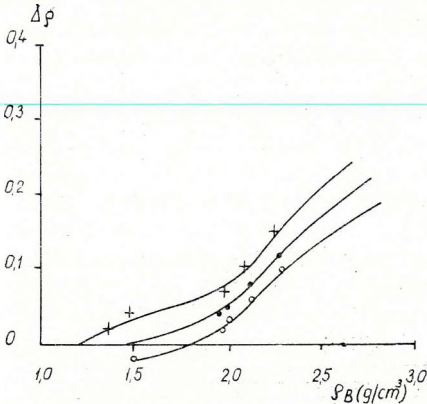
3. ábra. Átszámított térfogatsúlyhitelesítő diagram változó iszaplepeny fajsúlyokra és vastagságokra

Фиг. 3. Пересчитанная эталонная диаграмма объемного веса для изменяющихся величин удельного веса и мощности глинистой корки

Fig. 3 Recomputed volume-weight calibration diagram for varying specific weights and thicknesses of mudcake



Hitelesítő diagramunkról leolvastuk a  $2,00 \text{ g/cm}^3$ ,  $2,40 \text{ g/cm}^3$  és  $2,70 \text{ g/cm}^3$  térfogatsúlyértékeket meghatározó hosszú és rövid szondával kapott beütésszámarányokat és ezeket az irodalomból ismert görbe hasonló térfogatsúlyaira vonatkoztattuk. A közbeeső értékeket logaritmikus interpolációval határoztuk meg. A diagram használatához tehát a hosszú és rövid szondával kapott beütésszámok arányának ismerete szükséges. Amennyiben a két adatból meghatározott pont valamelyik elágazó görbére esik a valódi térfogatsúly közvetlenül meghatározható.



4. ábra. Látszólagos térfogatsúly  $Q_B$  és  $\Delta Q$  összefüggése különböző fajtsúlyú iszaplepenyékre a 3. ábra és modellmérések szerint. Iszaplepeny vastagság  $t_{mc} = 6,3 \text{ mm}$

- +  $1,00 - 1,20 \text{ g/cm}^3$
- $1,40 \text{ g/cm}^3$
- o  $1,75 - 1,83 \text{ g/cm}^3$

Фиг. 4. Зависимость кажущегося объемного веса  $Q_B$  от  $\Delta Q$  для глинистых корок различного удельного веса, согласно фиг. 3 и модельным исследованиям. Мощность глинистой корки  $t_{mc} = 6,3 \text{ мм}$

- + —  $1,00 - 1,20 \text{ г/см}^3$
- —  $1,40 \text{ г/см}^3$
- o —  $1,75 - 1,83 \text{ г/см}^3$

Fig. 4 Relation of apparent volume weight  $Q_B$  and  $\Delta Q$ , for mudcakes of different specific weights according to Fig. 3 and model measurements. Thickness of mudcake  $t_{mc} = 6,3 \text{ mm}$

- +  $1,00 - 1,20 \text{ g/cm}^3$
- $1,40 \text{ g/cm}^3$
- o  $1,75 - 1,83 \text{ g/cm}^3$

A 3. ábrán látható görbén a legkisebb térfogatsúly  $2,00 \text{ g/cm}^3$ . A  $\Delta Q$  korrekció meghatározása azonban a  $2,00 \text{ g/cm}^3$ -nél kisebb térfogatsúlyokra is szükséges volt. Modellméréseinknél különböző vastagságokkal két típusú iszaplepenyét állítottunk elő. Az  $1,18 \text{ g/cm}^3$  fajsúlyú iszaplepenyét egyik mérési sorozatnál különböző átmérőjű PVC csövekkel, az  $1,83 \text{ g/cm}^3$  fajsúlyú iszaplepenyét ugyancsak különböző átmérőjű eternit csövekkel valósítottuk meg. A méréseket két eltérő térfogatsúlyú (bauxit,  $1,52 \text{ g/cm}^3$ ; homok  $1,39 \text{ g/cm}^3$ ) közegben végeztük.

A harmadik ábra adatai és a modellmérések eredményei közvetlenül térfogatsúly meghatározásra alkalmas korrekciós diagramok megszerkesztéséhez szolgálnak alapul. Ilyen görbesereg látható a 4. ábrán. Az egyes diagramoknál az iszaplepeny vastagsága állandó, fajsúlyja viszont változik. Mindezeket figyelembe véve a valódi térfogatsúlyt úgy határozzuk meg, hogy a hosszú szondával kapott beütésszámból a kimért kalibrációs görbe segítségével  $Q_{B1}$  látszólagos térfogatsúlyértékeket határozzunk meg és a hosszú, valamint rövid szondákkal kapott beütésszámból a kalibrációs diagramok segítségével (pl. 4. ábra)  $\Delta Q$  térfogatsúly-korrekciót számítunk.

## Neutron szelvényezési eljárások hitelesítésére alkalmas modellrendszer leírása és mérési eredmények

A fúrólukak neutron-szelvényezésének klasszikus módszerei a neutron-gamma és a neutron-neutron eljárás. A továbbiakban ezeknek ún. integrális változatáról lesz szó, megjegyezve, hogy az integrális jelző a neutron-neutron módszer vonatkozásában bizonyos értelemben szűkül.

E mérések fő célja a harántolt képződmények porozitásának meghatározása. Ez csak porozításra hitelesített radioaktív szondával lehetséges. A porozításra hitelesítés elvileg úgy történik, hogy a radioaktív szondát ismert porozitású közegekbe helyezzük és megszerkesztjük az impulzusszámporozitás közötti összefüggést kifejező hitelesítő görbét. Félreértések elkerülése végett porozitáson a közeg hidrogéntartalmát értjük, amely modellkörülményeink között a víztartalommal ekvivalens.

Alapvető követelmény, hogy a hitelesítő rendszert alkotó anyag megfelelő atomfizikai paraméterekkel (pl. kis aktiválási keresztmetszet), valamint a természetben található kőzetekkel megegyező vagy ahhoz közel álló elemi összetétellel rendelkezik. Ilyen modellrendszer kialakítása sokféleképpen lehetséges. Az irodalomban tárgyalt modelltípusok szerkezetük szerint lényegében két csoportra oszthatók:

- a) természetes pórusterű közegek,
- b) mesterséges pórusterű közegek.

Modelltípusunk az irodalomból ismert porozitás-hitelesítő rendszerektől eltér.

A modell alakját a hengerszimmetrikus neutroneloszlási tér egyértelműen határozza meg. Pontos mérésekhez lényeges a henger geometriája. A  $Z$  tengely irányú méretet (hosszméretet) az alkalmazott szonda hossza határozza meg. Az általában használt szondahossz 60–70 cm, ehhez  $Z$  irányban  $\pm 60$  cm-t hozzáadva, kiküszöböljük a szélek, valamint a levegő hatását és kialakul az optimális, kb. 200 cm hengermagasság.  $Z$  irányban így közegünk végtelen. A radiális, tehát a fúróluk tengelyére merőleges méretet, a neutron fékezési úthossza határozza meg. Az I. táblázatban közöljük az 5 MeV-es gyors neutronok néhány anyagra vonatkozó fékezési úthosszát.

Megjegyezzük, hogy 14 MeV-es gyors neutronnál pl. a 12,2 cm-es vízre vonatkozó érték csupán 14 cm-re növekszik (cca 17%).

A táblázat szerint a 140 cm-es modellátmérő végtelen közegnek tekinthető (homokos tároló).

I. táblázat

Anyag	Fékezési úthossz (cm)
Víz	12,2
Kőolaj	12,0
Tömör homokkő	42,0
Homokkő + 20% kőolaj	16,0
Homokkő + 20% víz	16,0
Tömör mészkő	35,0
Mészkő + 20% kőolaj	15,0
Mészkő + 20% víz	15,0

A mézskő-tároló modellezésére használt mézskő-tömb átmérője 120 cm. Neutroneloszlás szempontjából végtelen közegnek tekinthető, mert a neutronok diffúziós úthossza, az anyagi minőségtől függően, néhány cm nagyságrendű, tehát a fúróllyuktól 35 cm-nyi távolságban (I. táblázat) keletkező termikus neutronok a detektorhoz nagy valószínűséggel nem jutnak vissza. Következésképpen biztosított, hogy a modellmérésekből kapott információk az adott közege vonatkoznak.

A modellek közepén — a fúróllyuk viszonyoknak megfelelően — tengelyszimmetrikusan egy 160 mm átmérőjű lyuk helyezkedik el. A hitelesítő rendszerhez tartozó mézskő — laboratóriumi adatok szerint — csak elhanyagolható mennyiségben (0,02–0,05 %) tartalmaz kötött vizet. Ez neutron-karottázás szempontból (közelítőleg) 0 % hidrogéntartalomnak felel meg. Laboratóriumi minták elemzése, valamint súlymérés és térfogatszámítás szerint a mézskőegység térfogatsúlya  $2,6 \text{ g/cm}^3$ .

A hitelesítő rendszer második egysége az olajos homok. Létrehozásához légszáraz homokot és közönséges gázolajat használtunk. A légszáraz homok 100 %-osan olajjal telített; szemcseátmérője — laboratóriumi elemzés szerint — 70–80 %-ban egységes. Így érhető el a maximális porozitás, emellett ez a porozitás perzisztens (a homok nem tömörödik). A mérések és számítások szerint az olajos homok porozitása (hidrogéntartalom) 45 %.

A harmadik stabil hitelesítőegység a 100 % hidrogén porozitásnak megfelelő tiszta víz.

E három hitelesítő egységből csupán az első kettő felel meg a valóságos karottázviszonyoknak. A természetben előforduló kőzetek ugyanis kb. 0–35 % porozitás-tartományba sorolhatók. Szükséges tehát ennek a tartománynak részletes kalibrálása. Az ELGI-ben elkészített üvegcső-modell éppen ezt teszi lehetővé.

Az üvegcső modellt a következőképpen állítottuk elő. 0,5–1 mm falvastagságú, 200 cm magas vas bélésű köré, vele párhuzamosan, egymással érintkező üvegcsőveket helyeztünk el. Az üvegcső-modell építésénél, a már említett szempontokon kívül, figyelembe kellett venni a neutron és az anyag kölcsönhatását. A természetben előforduló kőzetekben a hidrogéntartalom — kőolaj vagy víz formájában — a szemcsék közötti pórusokban helyezkedik el. Szelvényezéskor a forrásból kilépő neutronok ezeken a pórusokon haladnak keresztül és egyrészt a pórusokban levő folyadékkal, másrészt a pórusvázt alkotó kőzetmátrixszal lépnek kölcsönhatásba. A neutronok fékezési, illetve diffúziós úthossza több nagyságrenddel nagyobb, mint a pórusok átmérői (ezt a tényt a modell felépítésénél szem előtt kellett tartani), ezenkívül a neutron sűrűség

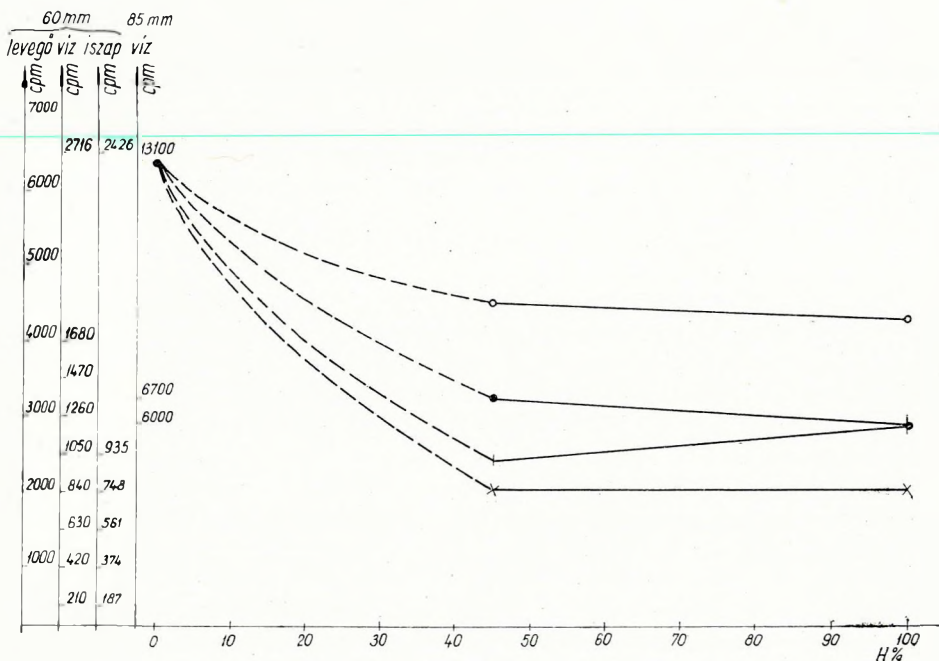
$\frac{1}{r}$ -rel arányos, azaz a modell sugara mentén rohamosan csökken. Emiatt a mérésekkel kapott információk döntő része a fúróllyuk közvetlen környezetéből származik és a távolabbi térrész hatása sokkal kisebb. E tények figyelembevételével a körkörös elhelyezkedő üvegcsővek belső átmérői néhány millimétertől (13 mm; a fúróllyuk közvetlen környezete) néhány cm-ig (47 mm; a fúróllyuktól távoli térrész) váltakoznak.

Az üvegcsővekbe tiszta légszáraz homokot töltve a 0 % hidrogéntartalmú homokos tárolónak megfelelő porozitást kapjuk. A kívánt %-ú hidrogéntar-



talmú közeget úgy állítjuk elő, hogy bizonyos elrendezés szerint némelyik üvegcsőbe csak vizet, másokba légszár az homokot töltünk.

A természetben előforduló porozitástatómányaiban tehát elvileg tetszőleges, de technikailag korlátozott számú porozitásérték állítható be és ez lehetővé teszi pontos kalibrációs görbe kimérését.



5. ábra. Neutron-gamma eljárás hitelesítő görbéje különböző szondákra változó fúróluk közegéknél:

levegő	o	} 60 mm-es szonda
víz	l	
iszap	x	
víz	.	} 85 mm-es szonda
neutron-forrás:	Po - Be (1,42 C)	

Фиг. 5. Эталонная кривая НГК для различных зондов при различных средах скважины

воздух	o	} зонд длиной 60 мм
вода	l	
глинистый раствор	x	
вода	.	} зонд длиной 85 мм
источник нейтронов:	Po - Be (1,42 кюри)	

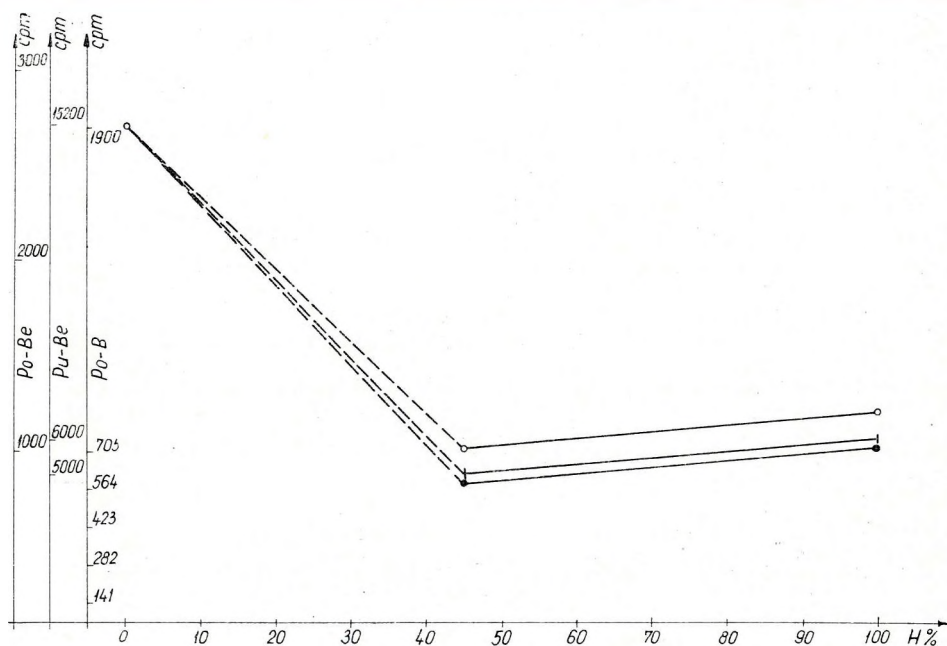
Fig. 5 Calibration curve of the neutron-gamma procedure for different borehole-devices and various borehole media:

air	o	} 60 mm Ø borehole device
water	l	
mud	x	
water	.	} 85 mm Ø borehole device
neutron-source:	Po - Be (1,42 C)	

A kísérletek folyamatban vannak, de bizonyos részeredményeikről már most is beszámolhatunk.

A kísérletek első fázisában a neutron-gamma módszert három különböző hidrogéntartalmú közegnél vizsgáltuk (5., 6. ábra). A méréseket kétféle átmérőjű szondával végeztük (60 – 85 mm) és a következő eredményekre jutottunk:

1. A detektor által regisztrált neutron-gamma impulzusszint erősen függ a fúrólukban levő közeg sűrűségétől: a sűrűség növekedését általában a neutron-gamma impulzusszint csökkenése kíséri. A csökkenés mértéke a különböző hidrogéntartalmaknál nem egyforma. A természetben előforduló hidrogén-



6. ábra. Neutron-gamma eljárás hitelesítő görbéje különböző neutron-forrásoknál

- o Po – Be (1,42 C)
  - | Pu – Be (5 C)
  - . Po – B (4 C)
- fúróluk közeg: víz

Фиг. 6. Эталонная кривая НГК для различных источников нейтронов

- o – Po – Be (1,42 кюри)
  - | – Pu – Be (5 кюри)
  - . – Po – B (4 кюри)
- среда скважины – вода

Fig. 6 Calibration curve of neutron-gamma procedure for different neutron-sources:

- o Po – Be (1,42 C)
  - | Pu – Be (5 C)
  - . Po – B (4 C)
- borehole medium: water



porozitás tartományában (0–35 %) egyértelmű neutron-gamma impulzusszint-csökkenés figyelhető meg (5. ábra). Nagyobb hidrogéntartalmaknál a csökkenés egész kismértékű, sőt, ha a fúrólukban víz van akkor a kisátmérőjű (60 mm) szondán enyhe emelkedés van, míg a nagyátmérőjű (85 mm) szondán ez nem jelentkezik (5. ábra).

2. A radioaktív szonda porozitásérzékenysége a fúrólukban levő közeg sűrűségének növekedésével növekszik. A kísérletek során az érzékenység az iszapnál volt a legnagyobb (5. ábra).

3. A radioaktív szonda porozitásérzékenysége függvénye a használt sugárforrás minőségének. A legkisebb primér energiájú Po-B forrásnál a porozitásérzékenysége a legnagyobb (6. ábra).

A mérési eredmények értelmezésénél figyelembe kell venni a közetsűrűséget, a használt neutronforrás gamma-fluxusát, valamint a különböző elemek radiációs gammabefogásából keletkező gamma-fotonok energiaeloszlását.

A kísérletek második részében neutron-neutron hitelesítéseket végeztünk (illetve végzünk) az Intézetben készült KRN-2-150-85 típusú neutron-detektáló szondával (a neutron szonda működéséről és a terepi mérésekről külön számolunk majd be).

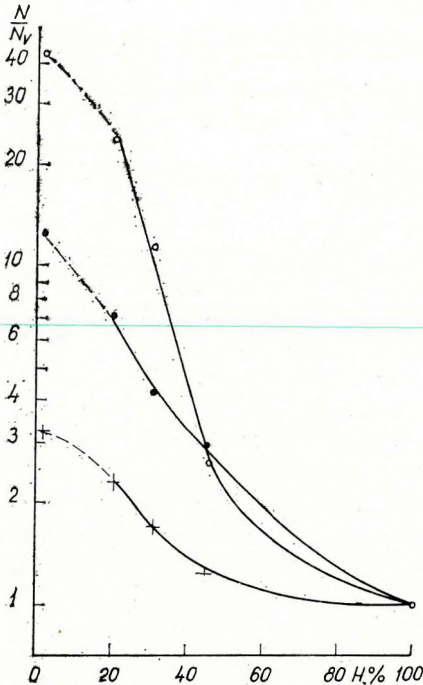
A mérési eredmények a 7. ábrán láthatók. A függőleges tengelyre a vízre redukált értékeket vittük fel, megvizsgáltuk hogyan változik relative az impulzusszám a 20,8 és 45 % közötti tartományban.

	Neutron-gamma	Neutron-neutron epitermikus	Neutron-neutron termikus
20,8%	10 115	3600	2500
45,0%	5 525 = 1,8	1455 = 2,5	266 = 9,4

A hányados az epitermikus neutron-neutron görbénél kb. másfélszer, a termikus neutron-neutron görbénél több mint ötször haladja meg a neutron gammáét. Tehát a neutron-neutron görbék meredeksége, vagyis hidrogéntartalom iránti érzékenysége nagyobb, mint a neutron-gamma görbéké.

A mérési pontokkal kapcsolatban hangsúlyozzuk a következőket: az első pont karbonátos tárolóra (a kőzetváz  $\text{CaCO}_3$ ), a második és harmadik, illetve a 7. ábrán a negyedik, homokos tárolókra (a kőzetváz  $\text{SiO}_2$ ), az utolsó pont pedig tiszta vízre vonatkozik. A homokos tárolóknak megfelelő pontokat csupán a szemléltetés kedvéért kötöttük össze folytonos görbével. Az említett porozitásintervallum sűrítésével megállapíthatjuk majd pontosan a görbék menetét. A szaggatott vonallal a kőzetváz közötti különbséget (mészkö, homok) kívántuk jelezni. A neutron-neutron méréseknél minden esetben mértük a 0-val egyenlő természetes neutron háttérét. A neutron-gamma méréseknél a természetes gamma értéket korrekcióba vettük. A neutron-gamma és neutron-neutron méréseknél a radioaktív szonda és a fúróluk tengelye egybeestek (tengelyszimmetrikus szondahelyzet).

A továbbiakban a hitelesítő rendszert egy állandó 0 % hidrogéntartalmú homokos tárolónak megfelelő ponttal egészítjük ki, lehetővé téve a terepen használatos szondák gyors hitelesítését. Az üvegcső-modell segítségével besűrítjük az említett 0–35 % hidrogéntartalom tartományt.



7. ábra. A neutron-neutron és neutron-gamma eljárás hitelesítő görbéinek összehasonlítása

- o termikus neutron-neutron
  - . epitermikus neutron-neutron
  - + neutron-gamma
- neutron forrás erőssége: 5 C Pu – Be  
szonda-átmérő: 85 mm

Фиг. 7. Сопоставление эталонных кривых ННК и НГК

- o – ННК – Т
- . – ННК – НТ
- + – НГК

Интенсивность источника нейтронов  
Pu – Be – 5 кюри  
Диаметр зонда – 85 мм

Fig. 7 Comparison of the calibration curves of the neutron-neutron and neutron-gamma procedures

- o thermic neutron-neutron
- . epithermic neutron-neutron
- + neutron-gamma

Intensity of the neutron-source: 5 C Pu – Be.  
Diameter of the borehole device: 85 mm

A neutron-neutron és neutron-gamma méréseknél a mért impulzusszám nemcsak a hidrogéntartalom függvénye, hanem különösen a neutron-gamma és termikus neutron-neutron módszernél erősen függ a kőzetmátrixot alkotó elemek (Si, Ca, Mg stb.) atomfizikai paramétereitől. Célszerűnek látszik tehát nem közvetlenül az impulzusszám és hidrogéntartalom összefüggését vizsgálni, hanem egy olyan közelítő paramétert kell keresni, amellyel az anyagi összetételtől való függőség is figyelembe vehető. Ez a közvetítő paraméter a fékezési úthossz. Bizonyos egyszerűsítő feltevésekkel lehetséges a fúróluk közvetlen környezete ún. ekvivalens fékezési úthosszának kiszámítása. Ezzel a mért impulzusszámot egyértelműen pontos hidrogéntartalomhoz rendelhetjük.

A modellezés (technikai nehézségek miatt) nem terjedhet ki minden paraméter vizsgálatára, ezért közelítő számításokkal kívánjuk pl. a fúróluk átmérőjének hatását figyelembe venni, illetve azt a lehetőséget vizsgálni, hogy ez a hatás miképpen csökkenthető a minimálisra. Ezek a számítások a már meglévő modell segítségével bizonyos mértékben ellenőrizhetők. Az ellenőrző mérésektől azt várjuk, hogy esetleg eldönthető lesz a diffúziós és körközelítéses számítási módszer alkalmazhatósági tartománya a hidrogén koncentráció függvényében.

#### IRODALOM

- WAHL, J. S. – TITTMAN, J. – JOHNSTONE, C. W. – ALGER, R. P., 1964: The dual spacing formation density log. *Journal of Petroleum Technology*. XVI. 1–2.
- Iszpolzovanie metodov impulsznovo nejtronovo karotazsa sz primeneniem generatorov nejtronov v geofizike i neftye- dobuvajusej promislenosztji. Moszkva. 1968. KGST kiadvány.
- ORLINSZKIJ, B. M. – ARBUZOV, V. M., 1965: Raszpredelenie tyeplovuh nejtronov v peszesanom plasztje pereszecennom szkvazsinoj.