

# Módszer a neutron-gamma szelvényezési eljárás hatékonyságának növelésére

MÁRHOFFER JÓZSEF

*A dolgozat a neutron-gamma szelvényezési eljárás tökéletesítésére a mérőműszer indikátor csöveinek kadmiumlemezrel való árnyékolását ajánlja. Ismerteti a felszínen és a mélyfúrásokban kadmium árnyékolóval és anélkül végzett összehasonlító mérések eredményeit. A kapott adatok feldolgozásával igazolja, hogy a kadmium árnyékolás alkalmazásával a következő előnyök érhetők el:*

1. Növekszik a neutron-gamma mérőrendszer parozítás szerinti felbontó képessége.
2. Csökken a neutron-gamma mérőrendszer statisztikus fluktuációból származó hibája.

*Работа предлагает для усовершенствования метода измерения НГК экранирование пластинкой кадмия индикаторных ламп измерительного прибора. Приводит результаты сравнительных измерений, проведенных на поверхности и в глубоких скважинах с экранированием кадмием и без него. Обработкой полученных данных подтверждает, при примененной экранирования кадмием могут быть достигнуты следующие преимущества:*

1. Увеличивается расчлняющая способность измерительной системы НГК по пористости.
2. Уменьшаются ошибки измерительной системы НГК, возникающие в результате статической флуктуации.

*Der Artikel schlägt zur Verbesserung des Bohrlochmessverfahrens Neutron-Gamma eine Abschirmung der Indikatorrohren des Messgerätes mit Cadmiumplatte vor. Die Ergebnisse der Vergleichsmessungen mit und ohne Cadmiumabschirmung werden dargestellt, die auf der Oberfläche und in Bohrlöchern durchgeführt worden sind. Es wird mit der Bearbeitung der Messdaten bewiesen, dass mit der Anwendung einer Cadmiumabschirmung folgende Vorteile erreicht werden können:*

1. Eine Erhöhung des Auflösungsvermögen der Neutron-Gamma-Messungen hinsichtlich der Porosität.
2. Eine Abnahme des Fehlers der statistischen Schwankungen.

Az alföldi mélyfúrési szénhidrogén kutatás egyik legújabban bevezetett módszere a *neutron-gamma módszer*, amely sokrétű alkalmazhatósága miatt rövid idő alatt széleskörűen elterjedt, s ma már a szénhidrogén-kutatásban nélkülözhetetlenné vált.

Az alföldi karottázsvizsgálatban megoldásra váró probléma a pannonnál idősebb rétegsorok értelmezése. Egyes esetben a konvencionális szelvényezés kevés lehetőséget nyújt a rétegsor tagolására, a szénhidrogén tároló rétegek kijelölésére. A neutron-gamma módszer nem ad megnyugtató megoldást, ezért további vizsgálatokat végeztünk a megfelelő eljárás kidolgozására.

Ismeretes, hogy a kadmium termikus neutron befogási hatáskeresztmetszete igen nagy ( $\approx 2400$  barn) és neutron befogás esetén gamma sugarakat bocsát ki. Így a gamma indikátorra húzott vékony kadmiumárnyékoló-cső segítségével a neutron-gamma kvantumokon kívül közvetve regisztrálhatók a termikus neutronok is.

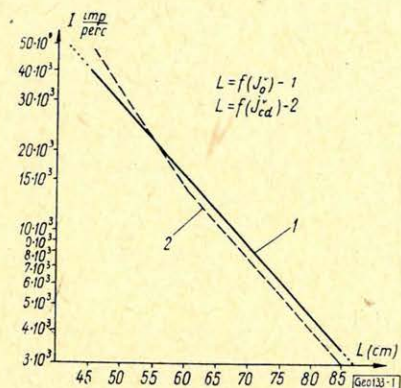
A fenti elv megvalósításaként felszíni kísérleti méréseket végeztünk.

Nagyméretű vízzel töltött medencében, ami végtelen kiterjedésű, hidrogén-gazdag közegnek tekinthető, 7"-os béléscsövet helyeztünk és megmértük a szondahossz függvényében (L) a neutron-gamma impulzusok számát kadmium árnyékolással ( $I_{cd}$ ) és anélkül ( $I_0$ ) (1. ábra).

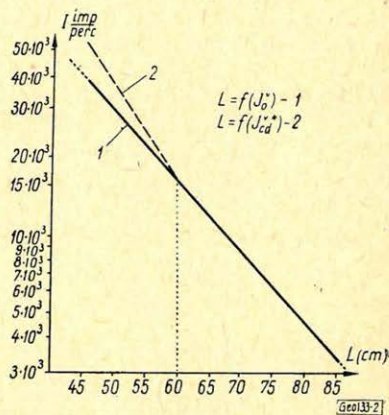
Látható, hogy nagyobb szondahosszaknál a kadmium árnyékolással végzett mérés kisebb impulzusszámot eredményez, mint az árnyékolás nélküli. Ez annak a következménye, hogy a kísérleti mérések során nem vettük figyelembe a kadmium árnyékolás másodlagos gamma-sugárelnyelő hatását.

A 2. ábrán látható a korrigált összefüggés.

A kísérlet alapján megállapítható, hogy – szélső helyzetben – maximális hidrogén telítettségű környezet esetén a termikus neutronok terjedési tere 60 cm sugarú gömb, így ha a szondahossz nagyobb 60 cm-nél, csak neutron-gamma impulzusok, ha annál kisebb, úgy neutron-gamma és termikus neutron által kiválasztott további gamma impulzusok összege regisztrálható kadmium-árnyékoló-cső segítségével.



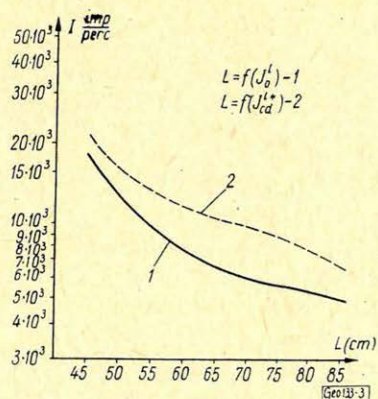
1. ábra



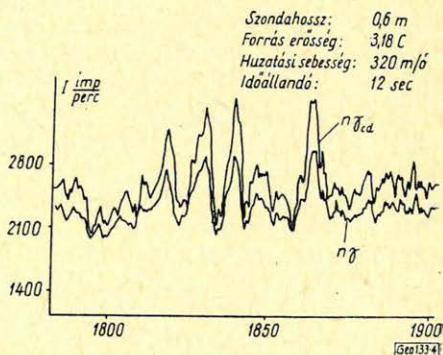
2. ábra

A kísérletet megismételtük úgy, hogy a vízzel feltöltött bélésűcsövet a benne levő mérőszondával együtt a medencéből kiemelve levegőben végeztük a mérést (3. ábra).

A mérés alapján megállapítható, hogy – a másik szélső értéknél – mini-



3. ábra



4. ábra

mális hidrogén telítettségű környezetben a termikus neutronok maximális sűrűsége 50 cm-től 80 cm-es térközre esik, ami megegyezik a gyakorlatban alkalmazott szondahosszakkal.

Látható, hogy a kadmium árnyékolással felvett görbe mindkét vége közeledik az árnyékolás nélkül felvett görbéhez.

Összesítve az eredményeket: kadmium árnyékolás alkalmazásával változó hidrogén-tartalmú környezet esetén várhatóan növekedni fog a regisztrált impulzusok száma, valamint javul a hidrogén szerinti felbontóképesség és csak bizonyos speciális esetekben (pl. nagyméretű kavernásodás esetén) kapunk a kadmium árnyékolás nélkül végzett méréssel azonos értékű eredményt.

A felszíni kísérletek feldolgozása után kadmiumos árnyékolással és árnyékolás nélküli neutron-gamma összehasonlító méréseket végeztünk különböző konstrukciójú fúrólukokban.

A két szelvény vizuális összehasonlításából is jól érzékelhető, hogy az adott rétegsort a kadmiumos árnyékolással mért neutron-gamma görbe magasabb impulzus számmal, jobban differenciálja.

Ezek mennyiségi igazolását a következőképp végezzük: ismeretes, hogy a statisztikus fluktuáció következtében előállt valószínű hiba relatív nagysága ( $P$ ) egyenlő

$$P = \frac{0,67 \sqrt{I_k}}{\Delta I \sqrt{2\tau}}$$

ahol  $I_k$  – a számolási sebesség középértéke;

$$I_k = \frac{I_{\max} + I_{\min}}{2} \Delta I - \text{a számolási sebesség változása; } \Delta I = I_{\max} - I_{\min}.$$

1. táblázat

Kút jele	Kút adatai			Szondahossz $L$ (m)	Közepelt I-r korrigált leolvasás értéke  I (imp/perc)	Valószínű hiba relatív értéke		Hatósági tényező $\frac{Ped \cdot Po}{Ped} \cdot 100$	Számított idő- állandó (sec)		Kábelvontatást növelő faktor			
	lyuk foly	bes $\varnothing$	furó $\varnothing$			$I_o$	$I_{ed}$		$P_o$	$P_{ed}$		$\tau_o$	$\tau_{ed}$	
Pf – 139	Szárász	0,178	0,310	0,8	Max	12,720	14,450	0,212	0,187	18,0%	25,0	18,7	1,34	
			Min		12,160	13,775								
			0,216		Max	11,730	13,400	0,161	0,139		37,0%	13,9		10,6
			Min		11,030	12,530								
SzoÉ – 1	Iszap	-	0,14	0,6	Max	17,350	25,750	0,172	0,160	7,0%		15,9	13,8	1,15
					Min	16,550	24,700							

Kút jele	Kút adatai			Szondahossz L (m)	Kor. összet. jellemzői	Közepelt $\frac{I}{2}$ korrigált leolvasási érték		Réteg felbon- tási tényező $\frac{I_x}{I \text{ min}} = K$		Réteg felbon- tási té- nyező növeke- dése $\frac{K_{cd}}{K_0} \cdot 100$
	lyuk foly	bé- lés- cső átm	fúrő átm			I <sub>o</sub>	I <sub>cd</sub>	K <sub>o</sub>	K <sub>cd</sub>	
Pf 135	száraz	0,244	0,438	0,8	Levantei homokkő	26 600	36 750	1,04	1,075	3%
					Levantei agyagmárga	25 650	34 050	1,00	1,00	-
Pf - 139	száraz	0,244	0,312	0,8	Pleisztocén	12 450	13 950	1,22	1,31	7%
					Levantei homokkő	11 300	11 900	1,11	1,12	1%
	Levantei márga	10 180	10 650		1,00	1,00	-			
	Felsőpannon homokkő vizes	11 400	12 700		1,00	1,0	-			
	Felsőpannon homokkő gázos	18 400	21 400		1,61	1,68	4%			
	Felsőpannon homokkő gázos	14 150	16 300		1,24	1,28	3%			
						Alsópannon homokkő	13 850	17 850	1,12	1,27
Ce - 1	iszap	-	0,216	0,6	Alsópannon agyagmárga	12 400	14 000	1,00	1,00	-
					Paleoz. csillámpala	22 650	28 450	1,83	2,03	11%
Nk6 - 6	iszap	0,168	0,216	0,6	Alsópannon agyagmárga	19 000	19 000	1,00	1,00	-
					Alsópannon homokkő	28 850	35 750	1,52	1,88	24%
					Alsópannon agyagmárga	22 850	26 850	1,20	1,41	17%
Szoé E-1.	iszap	-	0,14	0,6	Torton tufa laza	12 300	16 050	1,00	1,00	-
					Torton tufa tömör	16 900	25 000	1,37	1,56	14%

A képlet átalakításával a megfelelő behelyettesítéseket elvégezve meghatározható a relatív hiba nagysága és a kadmium árnyékolás minőségjavító hatásossága ( $K$ ).

$$K = \frac{P_0 - P_{cd}}{P_0}$$

A leolvasásokat vastag homogén rétegekben végeztük és a természetes gammagörbe értékeivel korrigáltuk. Az 1. táblázatból látható, hogy a szelvény statisztikus fluktuációból adódó hibája kadmium árnyékoló hatására különböző körülmények között 7–37%-kal csökken. Megállapítható, hogy a legjobb hatásfokot a nem túl nagy átmérőjű bélés-csővezetett fúrólyukban kapjuk. Ennek magyarázata, hogy amíg a bélés-cső elnyeli a másodlagos gamma-sugarakat, addig a lassú neutronokat szabadon átengedi.

Ha a statisztikus fluktuációból származó relatív hibát 15%-ban adjuk meg ( $P = 0,15$ ), az idő állandó ( $\tau$ ) kifejezhető az előbbi képletből.

Mivel a regisztrálási sebesség ( $v$ ) fordítva arányos az időállandóval ( $\tau$ )

$$V \sim \frac{1}{\tau};$$

ezért a  $\frac{\tau_0}{\tau_{cd}}$  hányadosból megkapjuk a regisztrálási sebességet növelő faktort.

Az 1. táblázatból látható, hogy a kadmium árnyékolócső segítségével csökken az elméleti időállandó ( $\tau$ ), ami részben nagyobb mérési sebességet tesz lehetővé (pl. a jelenlegi 300 m/ó sebesség 350–400 m/ó-ra növelhető), részben pedig a 2 m alatti vékony rétegek jobban kiválaszthatóvá válnak.

A kadmium árnyékolással és árnyékolás nélkül összehasonlítható neutron-gamma mérési anyagot megvizsgáltuk, a rétegsor felbontásának szempontjából is.

Ennek érdekében az azonos korú összetetkekből bázisrétegnek a minimális neutron-gamma indikációval jelentkező rétegeket választottuk ki és egyetlen belül vizsgált többi réteget ehhez viszonyítottuk.

A 2. táblázatból látható, hogy a rétegfelbontási tényezőben nagyobb arányú javulás (átlag 17%-os) folyadékkal feltöltött lyukban 0,6 m-es szondahosszal végzett mérés esetén nyerhető.

Összegezve a kapott eredményeket megállapítható, hogy a neutron-gamma detektor kadmiumárnyékolásával megvalósítható a másodlagos gamma és termikus neutronok egyidejűleg történő regisztrálása, ami a következő előnyökkel jár:

1. Megnövekszik a rendszer hidrogén, azaz porozitás iránti érzékenysége.
2. Megnövekszik a regisztrált teljes impulzusszám, ami csökkenti a statisztikus fluktuációból származó hibát.

#### IRODALOM

Sz. G. Komarov: Geofizikai kézikönyv 1963.

Sz. G. Komarov: Maggeofizika cikkgyűjtemény 1959.