

Spektrális gammakarottázs lehetőségeiről

B É R E S S B É L Á N É

A gammaspektrometriás lyukszelvényezés alkalmazhatóságának vizsgálata céljából fontosabb magyarországi eruptív és üledékes kőzettípusokon természetes gammaspektrumfelvételeket készítettünk laboratóriumi mintamérések alapján.

Fúrási körülményeket megközelítő geometria által okozott abszorpciós viszonyok és a fúrásban detektálható gammaenergiák megállapítására spektrumméréseket végeztünk bauxitmodellben és agyagmárga-kézfúrásban. Az eredmények azt bizonyítják, hogy 0,5 MeV felett, egyes kőzettípusokra jellemző energiák alapján, mélyfúrásban, néhány csatornás gammaspektrométerrel minőségi következtetések levonására lehetőség kínálkozik.

Для выяснения применимости каротажа по методу гаммаспектрометрии, в лабораторных условиях были определены спектры естественного гамма-излучения образцов основных типов изверженных и осадочных пород Венгрии.

На бокситовых моделях и в шурфах ручного бурения с глинисто-мергелистым разрезом проводились спектрометрические измерения для изучения условий поглощения, вызванных геометрией, близкой к скважинным условиям, а также для определения энергий, выделяемых в скважинах. Результаты исследований показывают, что в глубоких скважинах, при помощи гамма-спектрометра с несколькими каналами, по энергиям, присущим различным типам горных пород свыше 0,5 мэв, можно делать выводы о качестве горных пород.

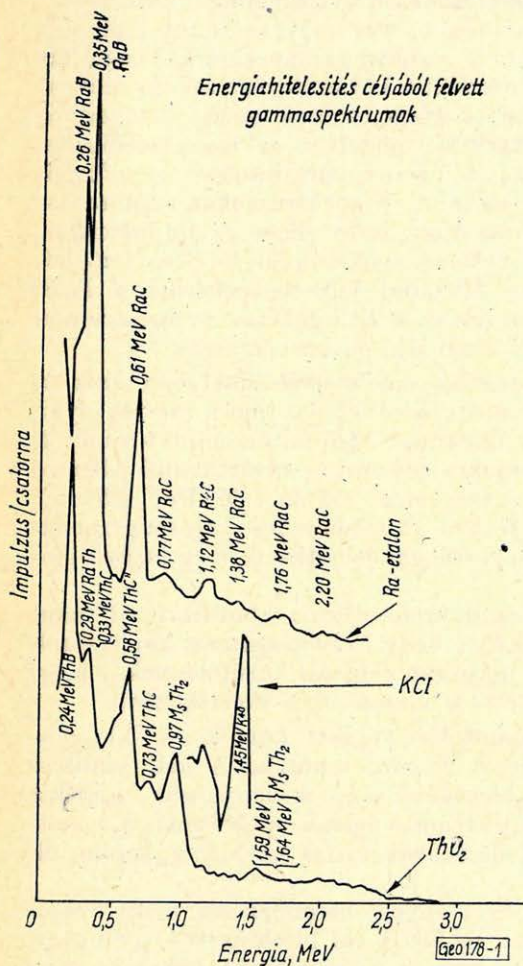
Um die Verwendungsmöglichkeiten der gamma-spektrometrischen Bohrlochmessungen zu klären, wurden Gammaspektren an Gesteinsproben der wichtigsten ungarischen Eruptiv- und Sediment-Gesteinstypen in Laborverhältnissen aufgenommen.

Spektrometrische Messungen wurden an Bauxitmodellen und in einer lehmmergeliger Handbohrung durchgeführt um die Absorptionsbedingungen, welche durch eine die Bohrlochbedingungen annähernde Geometrie hervorgerufen sind, festzustellen und die in Bohrungen ausweisbaren Energien zu bestimmen. Die Ergebnisse zeigen, dass in Tiefbohrungen, mit Hilfe eines mehrkanaligen, Spektrometers, auf Grund der für die einzelnen Gesteinstype charakteristischen Energien über 0,5 MeV Folgerungen auf die Qualität der Gesteine gezogen werden können.

A jelenleg általánosan használt természetesgamma szelvényezés nem jelent végső fejlődési fokot, mert a szelvényező szonda Geiger – Müller-csővel működik. Ez ugyan megkülönbözteti az agyagos-homokos rétegeket, kimutatja a mészkő jelenlétét és a radioaktív ércfeldúsulásokat, nem veheti azonban figyelembe azt a tényt, hogy a gammasugárzás különböző, az azt kibocsátó elemre jellemző, energiájú sugárzásból áll. A sugárzás intenzitását pedig a radioaktív elem koncentrációja szabja meg. Ha ezeket a gammasugarakat energiájuk szerint szétválogatjuk és anyaelemükhöz rendeljük, lényegében értékes információkat nyerünk a kőzetalkotó természetes radioaktív elemekre vonatkozólag. Mivel a természetes gammaszelvényezésnél a gammasugárzás az *urán-rádium- és tórium-sorozat*, valamint a K^{40} -izotópjának sugárzásából tevődik össze, a kapott adatok az elemek mindegyikének kvalitatív és kvantitatív eredményéhez vezet. Ezzel szemben a konvencionális természetes gammaszelvények alapján kapott eredmények csak arányosak ezen elemek koncentrációjának összegével.

Ilyen kevert energiájú gammasugarak analízise elvégezhető szcintillációs gammaspektrometriával. A gammaspektrométer felvételén egy-egy gamma-

energiára jellemző impulzuseloszlás folytonos, Gauss-görbe jellegű és az eloszlás közéértéke a gamma-sugárzás primér energiájára jellemző. Ha egyetlen gammaenergiát kibocsátó sugárforrás spektrumát nézzük, a jellemző csúcson kívül visszaszórási csúcsot is kapunk mindig, melyre egy másik sugárforrás-

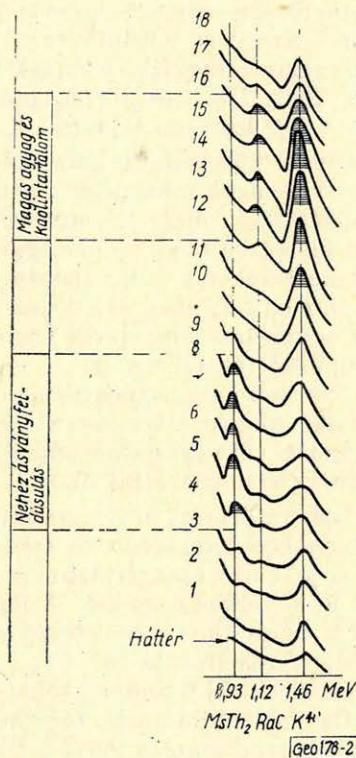


1. ábra. Energiahitelesítés céljából felvett gammaspektrumok

Фиг. 1. Гамма-спектры, снятые для эталонирования энергии

Abb. 1. Gammasspektren für Energieeichung

Agyagos-homokos réteg sor gamma-spektrometriás szelvénye
Laboratóriumi fűrómagvizsgálat alapján
(Lauterbach 1964. szerint)



2. ábra. Agyagos-homokos réteg sor gamma-spektrometriás szelvénye laboratóriumi fűrómagvizsgálat alapján (Lauterbach, 1964. szerint)

Фиг. 2. Спектрометрическая кривая гамма-лучей для разреза, сложенного глинами и песками по данным лабораторных исследований буровых кернов (по Лаутербаху, 1964 г.)

Abb. 2. Gammasspektrometrisches Profil einer tonigsandigen Schichtenfolge auf Grund der Laboruntersuchungen von Bohrkernen (nach Lauterbach, 1964)

ból kilépő primér gammaenergia csúcsa szuperponálódhat. Több gammaenergiát kibocsátó sugárforrás komplex spektrumának kiértékelése tehát nem könnyű feladat.

Célszerű ezért az alkalmazott műszert gammaenergiákra hitelesíteni olyan radioaktív sugárforrásokkal, melyek feltételezhetően a vizsgálandó mintaanyagban jelen vannak. Így a hitelesítést rádiumot, tóriumot, valamint káliumot tartalmazó sugárforrásokkal végeztük el. A várható gammasugárzás energiáit az 1. ábrán mutatjuk be. Az ábrán feltüntetettük a 128 csatornás amplitúdóanalizátorral felvett gammaspektrumon kapott egyes csúcsok energiaértékeit és ezen energiát kibocsátó izotópot. A vízszintes tengelyen az energiaértékeket ábrázoltuk Cs^{137} és Co^{60} izotópok ismert gammaenergiáira hitelesítve, a függőlegesen pedig a csatornánkénti impulzusszámot. A spektrumokat az ábra áttekinthetősége céljából egymás fölé ábrázoltuk, ezért nincs az impulzustengelyen számérték feltüntetve. A rádiumetalon spektrumán RaB és RaC -ből eredő gammaenergiák jelennek meg, a ThO_2 -dal felvett spektrumon ThB , $RdTh$, ThC , ThC'' és $MsTh_2$ gammaenergiái és a KCl -dal kapott spektrumon pedig a K^{40} izotópra jellemző 1,45 MeV energiájú gammasugárzás.

Olyan kőzetminta gammaspektrumának értelmezése, melyben ezek a sugárzó anyagok mind jelen vannak, nem egyszerű feladat, mert vannak olyan energiaértékek, melyek származhatnak ugyanúgy rádiumtól, mint tóriumtól. Ezért kiértékelés céljából az egyes izotópokra egyedül és zavartalanul jellemző energiaértékeket kell kiválasztanunk. *A káliumra csak az 1,45 MeV jellemző, rádiumra az 1,12 MeV és a tóriumra a 0,97 MeV.* A többi csúcs vagy szuperponálódik egymásra, vagy pedig kis csúcsmagassággal jelentkezik még hosszú időtartamú mérés esetén is.

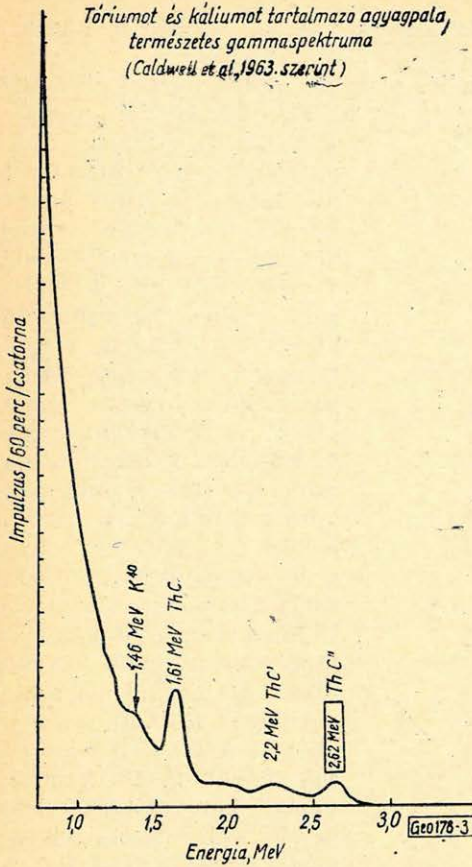
Kőzetek gammaspektrumainak vizsgálatánál először laboratóriumi, majd modellkísérletek elvégzésére van szükség, hogy felvilágosítást kaphassunk egyrészt a várható gammaenergiákra, másrészt a fűrási körülményeket megközelítő geometria által okozott abszorpciós viszonyokra vonatkozóan.

Laboratóriumi fűrómagminta-vizsgálatokat végzett *Lauterbach* [1] agyagos-homokos rétegsoron és eredményeit a 2. ábra mutatja. A már említett három jellemző energiatartományban jelentkező csúcsok nagyságát vizsgálva vont le következtetéseket. A legelső spektrum a háttér spektruma, a vonalakozott, csúcs alatti területeket pedig jellemzőnek tartja az agyag, kaolin, ill. nehézsávyanföldúsulásra.

Caldwell [2] terepi adatokat közöl. Szelvényező berendezését, mely levegőben függött, rádiummal, tóriumnitráttal és KOH-val hitelesítette egyenként. *Szerinte a rádiumra a 0,61; 1,12 és 1,76 MeV-es csúcs jellemző, tóriumra pedig a 2,62 MeV-es csúcs.* Ez utóbbi igen kis amplitúdóval jelentkezik. A 3. ábrán azokat a mérési eredményeit mutatjuk be, melyeket tóriumot és káliumot tartalmazó agyagpala-réteggel szemben vett fel oly módon, hogy szelvényező berendezését megállította és az aktivitást 60 percig mérte. A káliumra jellemző 1,46 MeV-es csúcs – azonos skálájú ábrázolástechnikánál – alig jelentkezik, a tóriumot a 2,62 MeV-es csúcs alapján értékeli. Az urán-rádiumot és tóriumot tartalmazó agyagpala-réteg esetén – mint a 4. ábrán láthatjuk – a tóriumra természetesen a 2,62 MeV-es csúcs jellemző és emellett megjelennek még a rádiumra jellemző és már említett energiaértékek.

Laboratóriumi méréseink során természetes gammaspektrumfelvételeket készítettünk 10 eruptív és 6 üledékes kőzettípuson. A 3 MeV energiatartományban felvett 41 spektrum alapján állapítottuk meg, hogy milyen kőzet-

Tóriumot és káliumot tartalmazó agyagpala,
természetes gamma-spektruma
(Caldwell et al., 1963. szerint)

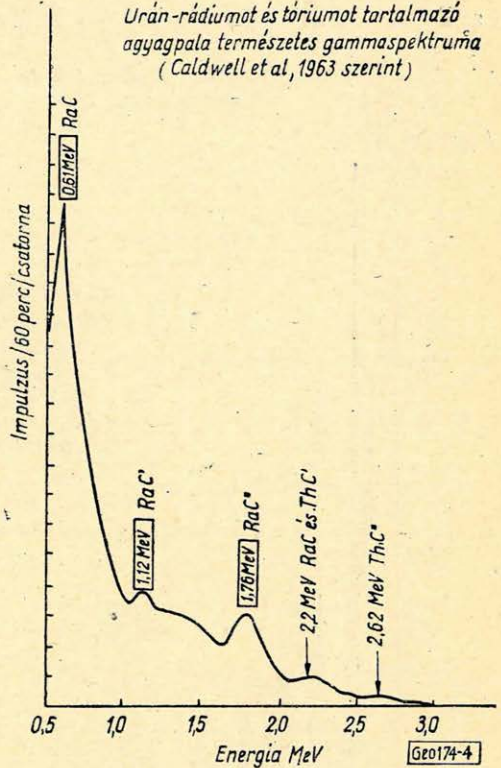


3. ábra. Tóriumot és káliumot tartalmazó agyagpala természetes gamma-spektruma (Caldwell et al., 1963. szerint)

Фиг. 3. Спектр естественного гамма-излучения глинистых сланцев, содержащих торий и калий (по Кальдуэлу и др., 1963 г.)

Abb. 3. Natürliches Gammapektrum von Schieferthon mit Thorium- und Kalium-Gehalt (nach Caldwell et al., 1963)

Urán-rádiumot és tóriumot tartalmazó agyagpala természetes gamma-spektruma (Caldwell et al., 1963. szerint)



4. ábra. Urán-rádiumot és tóriumot tartalmazó agyagpala természetes gamma-spektruma (Caldwell et al., 1963. szerint)

Фиг. 4. Спектр естественного гамма-излучения глинистых сланцев, содержащих уран радий и торий (по Кальдуэлу и др., 1963 г.)

Abb. 4. Natürliches Gammapektrum von Schieferthon mit Uranradium- und Thorium-Gehalt (nach Caldwell et al., 1963.)

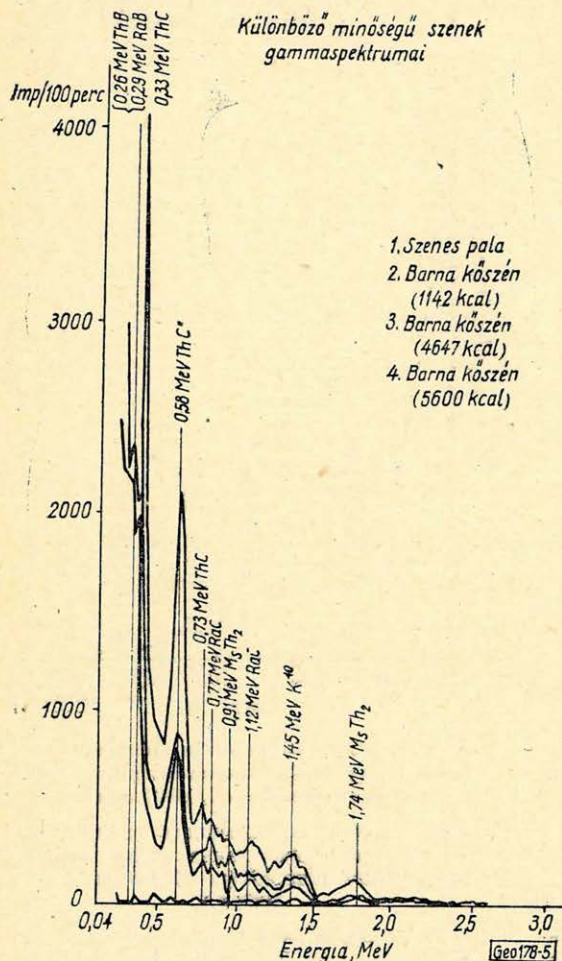
minták vizsgálata szükséges, jobb értelmezhetőség céljából, 1 MeV energia-tartományban, így további 23 spektrumot készítettünk. A méréseket 100 percig végeztük. 128 csatornás amplitúdóanalizátorral és 55 mm átmérőjű NaJ(Tl)-kristállal ellátott szcintillációs detektorral. A szcintillációs fejet 3 cm falvastagságú ólomtoronyban helyeztük el, mely vastagság 2,5 MeV-es energiákra nézve kétszeres, 1 MeV-esekre nézve 3,5-szeres felezést jelent. A mindig ismert mennyiségű mintákat 1–2 mm-re a detektor felett helyeztük el.

A műszer stabilitásának és energiahitelességének vizsgálata céljából a mintamérések közé $Ce^{144} + Cs^{137} + Co^{60}$ hitelesítő preparátumokkal végzett felvételeket iktattunk. Az ábrázolásnál és kiértékelésnél a háttérspektrum

értékét, valamint az első négy csatorna értékét minden esetben levontuk a minta spektrumából.

Az eruptív kőzetek közül 1–1 riolit, andezit, diabáz, gránitpegmatit, aplit és wehrlit-mintát, kétféle kálitrachit és telérkitöltés-mintát, négyféle

lelőhelyről származó 1–1 bazaltmintát és ötféle gránitmintát mértünk. Ezek közül a diabáznál és wehrlit-nél kapott gammaespektrum a háttérétől alig különbözött, ami legbázikusabb kőzet mivoltuknak meg is felelt. A meleghegyi kvarctelérkitöltés hússzor magasabb, a berillium-tartalmú telérkitöltés kétszer magasabb szinttel jelentkezett, mint a többi kőzet. A K^{40} izotóp 1,45 MeV-es csúcsa, a meleghegyi kvarctelérkitöltés kivételével, kis amplitúdóval mindegyik kőzetfajánál mutatkozott. Az említett, átlagosnál magasabb aktivitást a RaB és RaC okozta. A vizsgált négy bazalt közül kettő balatonvidéki, kettő noégrádi lelőhelyű volt. Mindegyikben mutatkozott a 0,13 MeV-es $MsTh_2$, a 0,23 MeV-es ThB és a somoskőújfalui kivételével a 0,58 MeV-es ThC'' csúcsa. A vizsgált öt különböző, Velencei hegységéből származó gránitfajtánál jellegzetes különbség a spektrumokban nem mutatkozott.



5. ábra. Különböző minőségű szenek gammaespektrumai
Fig. 5. Спектры гамма-лучей для углей различного качества

Abb. 5. Gammaespektrum von Kohlen verschiedener Qualität

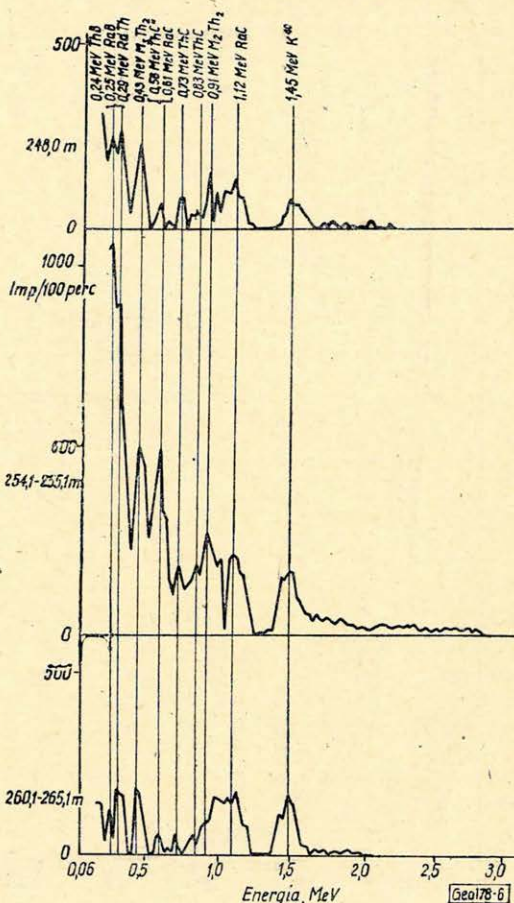
szer nagyobb aktivitási szinttel jelentkezett. Mindkettőben a RaB és RaC vonalai mutatkoztak jellegzetesen, a káliumcsúcs hiányzott. A kaolinminta spektruma alig értelmezhető. A halimbai és gánti tízféle különböző minőségű bauxitmintában számos kisebb csúcs jelentkezett, de radioaktív anyagfelhalmozódásra csak a 0,60 MeV-nél jelentkező csúcsból következtethetünk. (0,58 MeV = ThC'' és 0,61 MeV = RaC).

A felvett spektrumok közül az 5. ábrán bemutatjuk a különböző minőségű tatabányai barnakőszén-minta eredményeit. Ezen az ábrán feltüntettük még egy szénés pala spektrumát is. A szén „romlásának” függvényében erősen növekszenek a szénre jellegzetes 0,58; 1,12 és 1,45 MeV-es csúcsok. Az 5000 kcal feletti fűtőértékű szének a háttérértékkel közel azonos spektrumot adtak.

Vizsgálat tárgyává tettük egy halimbai bauxitfúrás fúrómagmintáit is. Egyik minta az elektromos szelvény alapján kiválasztott bauxitrétegből, 1-1 pedig a fedőből, ill. feküből származott. A mérési eredményeket a 6. ábrán láthatjuk. A középső bauxitmintában feltűnő a 0,91 MeV-es és a 0,43 MeV-es MsTh_2 -csúcs, valamint a 0,60 MeV és 0,26 MeV körüli csúcs, mely egyaránt származhat rádiumtól és tóriumtól is.

Laboratóriumi spektrummérések elvégzése után modellmérést végeztünk bauxitban. A laboratóriumi szcintillációs detektort behelyeztük a 60 cm átmérőjű, bauxittal telt modell közepébe és 50 perces mérésekkel kaptuk a 7. ábrán látható spektrumokat. A 0,60 MeV körüli csúcs itt is jelentkezett, mely élességéből vesztett – három esatorna impulusszámát tekintetbe véve – 21%-ot a szondatoknak megfelelő vascső, valamint 34%-ot a bélésű behelyezése után. Összimpulusszámban a veszteség 28%, ill. 44%. Az alsó spektrum ugyanezen bauxit laboratóriumi mérési eredményét mutatja. Itt a 0,60 MeV-nél kisebb energiájú csúcsok is láthatók, melyek fúrasi geometria mellett, az abszorpció miatt, eltűnnek. Ezt igazolja az a modellmérés is, melyet 1 MeV energiatartományban is elvégeztünk. Ezekből a mérésekből megállapítható, hogy a bauxit minőségére – fúrasi körülmények között – esetleg csak a 0,60 MeV körüli energiatartomány lehet jellemző.

H-1046 sz. bauxitfúrás magmintáinak gammaspektrumai

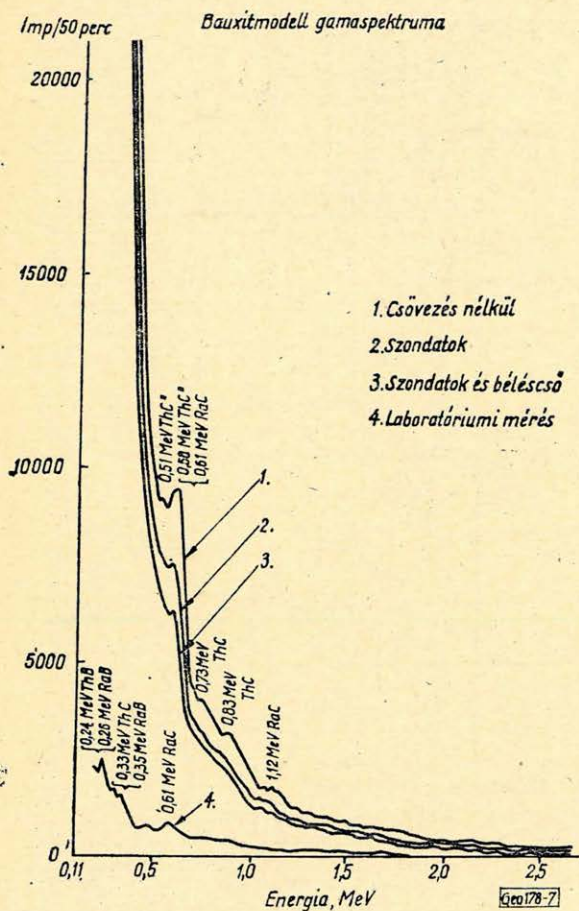


6. ábra. H – 1046 sz. bauxitfúrás magmintáinak gammaspektrumai

Fig. 6. Спектры гамма-лучей для буровых кернов, полученных в бокситовой скважине № H – 1046

Abb. 6. Gammaspektrum der Bohrkern von der Bauxitbohrung H – 1046.

Egy agyagmárga kézifúrásban kapott spektrumot mutat a 8. ábra. Itt legélénkebben a káliumra jellemző 1,45 MeV-es csúcs mutatkozik, mely a csövezés hatására amplitúdójából kb. 50%-ot veszít ugyan kilenc csatornát figyelembe véve, de kiemelkedő jellege megmarad.



7. ábra. Bauxitmodell gammaspektruma

Fig. 7. Спектр гамма-лучей для бокситовой модели

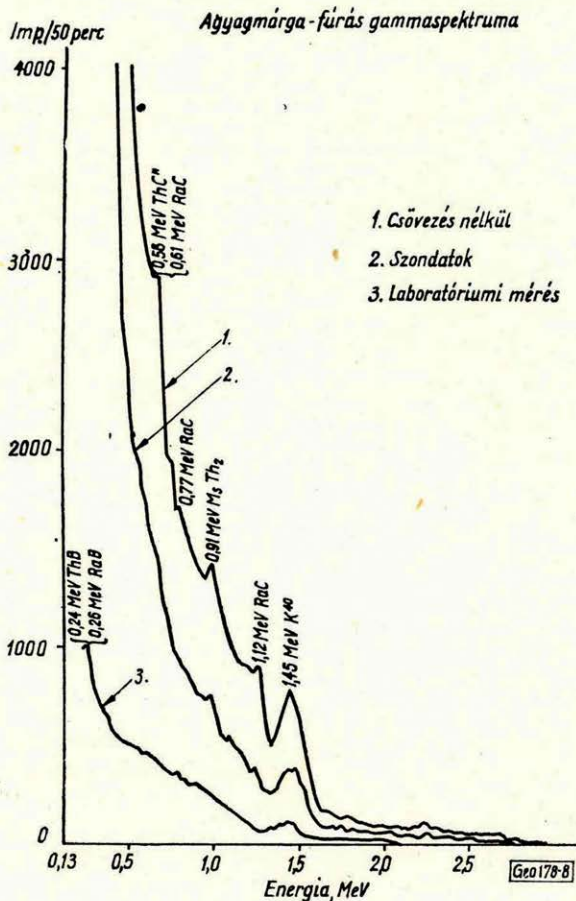
Abb. 7. Gammaspektrum des Bauxitmodells

újszerű eredményeket kaphassunk általános földtani problémáknál. Sugárzó ércutatás és zárt sugárforrásokkal végzett karottázs a gammasugárzás spektrális méréseit biztosan hasznosíthatja. Számos további laboratóriumi és modellmérés elvégzésére van szükség, hogy a spektrummérés gazdaságosságát, vagy a spektrummérésre alkalmas műszerek paramétereit meghatározzuk.

Összimpulzusszámban a csövezés 35%-os csökkenést eredményez. Az alsó spektrum a laboratóriumi mérési eredményt mutatja.

A bemutatott mérési eredményekből azt a következtetést vonhatjuk le, hogy spektrális gammakarottázs végrehajtása előtt az elektromos, vagy GM-csővel felvett természetes gamma-szelvény alapján vizsgálatra kijelölt réteg előtt a szcintillációs szondával meg kell állni és legalább 30 perces méréssel felvenni a réteg teljes gammaspektrumát. Másik megoldás az lehet, hogy a mérőeszköz csak néhány csatornás (pl. 3, vagy 4 csatornás), megfelelő csatornaszélességgel, (pl. 0,1 MeV) ellátott kapuzási lehetőséggel. A kiválasztott energiacsúcsokra az eltolható kapuval ráállunk és a kérdéses energiaszakaszokat mérjük. 0,5 MeV-nél kisebb energiák, abszorpciós okokból, lyukszelvényezésnél nem adnak kiértékelésre alkalmas eredményeket.

Az elvégzett természetes gammaspektrumfelvételek, melyeket gyors áttekintés céljából készítettünk, nem adnak megalapozott reményt arra, hogy



8. ábra. Agyagmárga-fúrás gamma-spektruma

Фиг. 8. Спектр гамма-лучей для скважины с глинистомергелистым разрезом

Abb. 8. Gammaskpektrum des lehmmergeligen Bohrloches

IRODALOM

- [1] R. Lauterbach: Geologische Ergebnisse und Probleme der Gamma-Spektroskopie von Gesteinsproben. Geophys. Geol. No. 6. 1964. 51 – 59.
- [2] R. L. Caldwell, W. F. Baldwin, J. D. Bargainer, J. E. Berry, G. N. Salaita, R. W. Sloan: Gamma-Ray Spectroscopy in Well Logging. Geophysics, Vol. XXVIII. No. 4. 1963. 617 – 632.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Франке Р.—Паннер Н.:</i> Выделение глинистых залежей по данным электромагнитных дипольных зондирований	125
<i>Надь З.:</i> О применении функций $S(H)$ для комплексной интерпретации данных сейсмо- и электроразведочных работ	139
<i>Сабо Я. — Барани И. — Дудко А.:</i> О новых результатах исследований по моделированию подземных электроразведочных работ по методу сопротивлений	150
<i>Береш М.:</i> О возможности применения спектрометрического гамма-каротажа	158
<i>Новости в Дивесте Венгерских Геофизиков</i>	138

INHALTSVERZEICHNIS

<i>R. Franke—N. Panner:</i> Der Nachweis von Tonlagerstätten mit Hilfe elektromagnetischer Dipolmessungen ..	125
<i>Z. Nagy:</i> Die Anwendung von $S(H)$ -Funktionen bei der komplexen Interpretation von geoelektrischen und seismischen Messungen	139
<i>J. Szabó—I. Baranyi—A. Dudkó:</i> Weitere Resultate von Modellversuchen zur geoelektrischen Wiederstandsmessung untertage	150
<i>B. Beress:</i> Über die Möglichkeiten der gammaspektrometrischen Bohrlochmessungen	158
<i>Nachrichten des Vereins Ungarischer Geophysiker</i>	138