

A gamma-gamma szelvényezés feladatai a mecseki ércbányászatban

SZABÓ JÁNOS — SOMLYAY ZOLTÁN — SZÉKELY ENDRE —
TIRKALA FERENC — VIRÁGPÉTER

A Mecseki Ércbányászati Vállalat bányavágatból mélyített kutató fúrásait jelenleg a fúrások 70–80% százalékában a folyamatos gamma-karottázs adatai alapján dokumentálják. A folyamatos gamma-szelvény információmennyisége a produktív összlet kijelölése és törvényszerűségeinek felderítése szempontjából több, mint a maganyagé. A magfúrások mellőzése a fúrási teljesítmény növekedését illetve az önköltség csökkenését eredményezi. A szelvényeszerkesztés minőségének megjavítására azonban olyan további információkra is szükség van (pl. vetők, törésvonalak, agyag- és dolomit beékelődések stb. helyzetének meghatározása), amihez a folyamatos gamma-szelvényezés sem – vagy csak ritkán – nyújt elegendő adatot.

Ez adott indítékot a gamma-gamma módszer alkalmazásával való kísérletezésre, melynek eredményeit a dolgozat (két ábrával és két táblával kapcsolatban) közli. Egyben kitér az egyébként általánosan ismert gamma-gamma módszer bányaknál jelentkező alkalmazásának elemzésére és az itt felmerülő speciális problémák ismertetésére és megoldására. A kísérletek egyik legfontosabb feladata a helyi körülményeknek megfelelő intenzitású sugárforrás megválasztása volt, hogy a sugárveszélyt a minimumra csökkenthessék, továbbá az alkalmazott szondaműszer vágási szintjének meghatározása.

A mérési eredményeket néhány szelvényen elemezve, a dolgozat hangsúlyozza a módszer használhatóságát bányászati célokra.

Документация около 70–80% от всех скважин, гуриящихся в горных выработках Мечекским рудопоисковым предприятием, осуществляется по данным непрерывного гамма-каротажа. Для выделения продуктивных пластов и выяснения закономерностей их залегания, кривые ГК характеризуются дольшим объемом информации, по сравнению с кернавым материалом скважин. Бескерновое бурение приводит к повышению производительности буровых работ и к снижению их себестоимости. Однако, повышение качества представления данных в виде разрезов (напр. выделение сбросов, линий нарушения, определение положения вклиниваний глин и доломитов и т. д.) требует дополнительной информации, для чего метод непрерывного ГК не дает (или дает только редко) достаточно данных.

В связи с этим были проведены опытные работы с применением метода гамма-гамма-каротаж, результаты которых описываются в настоящей работе и иллюстрируются в виде фигур и таблиц. Одновременно анализируются возможности применения хорошо известного метода ГГК в горнорудных скважинах и излагаются возникающие при этом специальные проблемы, а также пути их решения. Основными задачами опытных работ были выбор источника с соответствующей при данных условиях интенсивностью, с, снижением до минимума опасности, а также определение уровня детектирования применяемого скважинного прибора.

Анализируя результаты на примере некоторых кривых, авторы подчеркивают применимость рассматриваемого метода в горнорудных работах.

Etwa 70–80 % der aus Grubenbauen abgeteuften Schürfböhrungen des Erzbauunternehmens im Mecsekgebirge werden auf Grund von fortlaufenden Gamma-Karottage-Daten dokumentiert. Der Informationsgehalt des fortlaufenden Gamma-Profiles ist vom Gesichtspunkt der Bestimmung der produktiven Schichtenfolge und der Feststellung ihrer Gesetzmässigkeiten grösser, als der des Kernmaterials. Der Verzicht auf Kernböhrungen ermöglicht eine Erhöhung der Bohrleistung bzw. Verminderung der Selbstkosten. Im Interesse der Qualitätsverbesserung der Profile werden aber auch solche Informationen benötigt (z.B. die Bestimmung der Lage von Verwerfungen und Brüchen, der Einkeilung von Ton- oder Dolomit-Schichten usw.), für welche die fortlaufende Gamma-Profilierung keine genügenden Daten gibt oder aber nur selten zu geben fähig ist.

Dadurch wurden Versuche mit der Anwendung der Gamma-Gamma-Methode auf in Grubenbauen abgeteuften Schürfböhrungen gerechtfertigt, über deren Resultate hier berichtet wird. Zugleich wird auf die Analyse der sich hier meldenden Probleme der sonst gut bekannten Methode eingegangen. Eine der wichtigsten Aufgaben der Versuche war die richtige Wahl der Strahlungsquellen-Intensität mit besonderer Berücksichtigung der Strahlungsgefahr, sowie die Bestimmung des Abschneide-niveaus des angewandten Sondenapparats. Die Messresultate werden anhand von mehreren Profilen analysiert und es wird auf die Brauchbarkeit der Methode im Bergbau hingewiesen.

A Mecseki Ércbányászati Vállalat bányavágból mélyített kutató fúrásait korábban a maganyag vizsgálata alapján dokumentálták. Jelenleg ehelyett, a fúrások 70–80%-ban, a folyamatos gamma-karottázs adatait használják fel. A folyamatos gamma-szelvény információmennyisége a produktív összlet kijelölése, valamint törvényszerűségeinek felderítése szempontjából több, mint a maganyagé – természetesen figyelembe véve azt is, hogy a magkihozatal sohasem teljes. A produktív összleten belül a gamma-sugárzás intenzitása ugyanis az urántartalommal arányos, mivel a *K* és *Th*-család sugárzása ehhez képest elhanyagolható.

A magfúrások mellőzése a fúrási teljesítmény növekedését, ill. önköltségének csökkentését hozta magával, mely tényezők további javítások kisebb átmérőjű (36 mm) fúrások tették lehetővé. Ez egyúttal azt is jelentette, hogy a karottázscélokra szolgáló szondák átmérőjét 32 mm-re kellett csökkenteni. A teljes szelvényű fúrások arányának növelése, valamint az adatszolgáltatás minőségének javítása céljából azonban szükség van további információkra is, nevezetesen vetők, törésvonalak, agyag-, dolomitbeékelődések, fatörzsek, stb. helyzetének megadására, amihez a folyamatos gamma-szelvényezés, ill. korábban a maganyag dokumentálása nem, vagy csak ritkán szolgáltatott adatokat.

E feladat megoldására kísérleteket végeztünk a gamma-gamma módszerrel. Ezek eredményeinek közlése, reméljük, elősegíti e módszer más bányákban való alkalmazását is.

1. táblázat

Izotóp	Felezési ideje	Foton-energiája	Bomlásonkénti fotonok száma
Co – 60	5,24 év	1,17 MeV	1,0
		1,33 MeV	1,0
Cs – 137	27 év	0,661 MeV	0,82
Tu – 170	129 nap	0,084 MeV	0,085

A gamma-gamma szelvényezés alapja: valamely sugárforrás által kisugárzott (1. táblázat) és a fúróluk fala által visszaszórt gamma-sugarak észlelése. A gammafoton visszaszórását a Compton effektus írja le, ha a sugárzás energiáját és a detektálás energiatarományát helyesen választják meg.

A különböző energiájú gamma-fotonok különböző anyagi minőségű kőzetekben különböző nagyságú utat futhatnak be, míg egy Compton-effektus bekövetkezik. Ezt szemlélteti a 2. táblázat.

2. táblázat

Gamma-sugárzás energiája	H ₂ O	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
	1,0 g/cm ³	2,65 g/cm ³	4,0 g/cm ³	5,1 g/cm ³
0,1 MeV	6 cm	2,3 cm	1,6 cm	0,7 cm
0,2 MeV	7,3 cm	3,0 cm	2,0 cm	1,5 cm
0,3 MeV	8,5 cm	3,5 cm	2,4 cm	1,9 cm
0,4 MeV	9,4 cm	4,1 cm	2,7 cm	2,1 cm
0,5 MeV	10,3 cm	4,3 cm	2,9 cm	2,3 cm
0,6 MeV	11,2 cm	4,7 cm	3,1 cm	2,5 cm
0,8 MeV	12,7 cm	5,3 cm	3,6 cm	2,9 cm
1,0 MeV	14,2 cm	5,9 cm	4,0 cm	3,2 cm
1,5 MeV	17,4 cm	7,3 cm	4,9 cm	4,0 cm

A visszazórt sugárzás intenzitását a következő összefüggés írja le:

$$I_{ss} = \varrho \frac{N_0 Q}{8\pi l} \int_1^\infty dx \int_{-1}^{+1} \frac{d\sigma/d\Omega}{\left(\frac{R_1+R_2}{l}\right)\left(\frac{R_1-R_2}{l}\right)} e^{-\frac{N_0}{2} \left(\sigma_k \frac{2R_1}{l} + \delta_k' \frac{2R_2}{l}\right)} dy, \quad (1)$$

ahol: ϱ = a sűrűség; N_0 = Avogadro-féle száma; Q = a sugárforrás erőssége; l = a szondahossz R_1 = az út hossza sugárforrástól a Compton-effektus helyéig; R_2 = az út hossza a sugárzásérzékelőtől a Compton-effektus helyéig;

$$x = \frac{R_1+R_2}{l} \quad y = \frac{R_2+R_1}{l} \quad \tau = \text{hatáskeresztmetszet.}$$

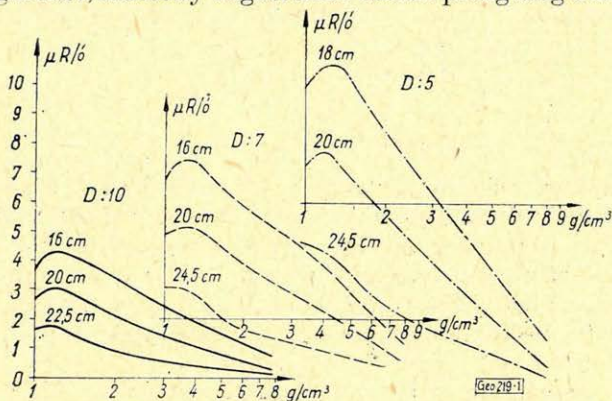
Az általunk elvégzett kísérletek legfontosabb feladata tehát a megfelelő intenzitású sugárforrás kiválasztásán kívül a szondahossz meghatározása volt.

A mélyfűrészek gamma-gamma szelvényezése sugárveszélyes munka, a sugárforrást tároló edényben kell tartani. A forrásnak a szondára való felhelyezésekor időkorlátozás van. A bányabeli sugárforrásos munka komoly követelményeket támaszt a földalatti szállító berendezések használata, az izotópnak ember által történő huzamosabb ideig tartó szállítása miatt.

A felszíni lyukakban használt sugárforrások erőssége < 40 mC. Kísérleteink viszont azt bizonyítják, hogy a bányabeli fűrészek- és szondaátmérő-viszonyok, valamint ún. rövid szondahossz mellett lényegesen kisebb erősségű sugárforrások használata is elegendő. Ezen felül érzékeny $NaJ(Tl)$ kristálydetektor használata lehetőséget ad egészen kis erősségű, az emberi szervezetre hosszabb ideig tartó ráhatás esetén sem veszélyes sugárforrás alkalmazására.

Az (1) képletnek megfelelően a sugárforrás erősségének csökkenését a szondahossz csökkentésével lehetett ellensúlyozni. A szondahossz csökkentése azonban kihat a módszer érzékenységére. Ezért az optimális szondahosszat – ebben az esetben optimálisnak azt a szondahosszat tartottuk, amely kis erősségű sugárforrás használata mellett $0,05$ g/cm³ térfogatsúly-változást még kimutat – modelleken végzett mérésekkel állapítottunk meg.

E mérések további feladata az alkalmazott műszer vágási szintjének meghatározása volt. A műszer vágási szintje ugyanis a mérési eredményeket, a módszer lehetőségeit lényegesen befolyásolja. Magas vágási szint esetén csak a közvetlen sugárzást, alacsony vágási szint esetén pedig még a zaj-impulzusokat



1. ábra

Фиг. 1.

Fig. 1.

is regisztráljuk. A szondahossz és a vágási szint együttes hatását az 1. ábra alapján értékelhetjük.

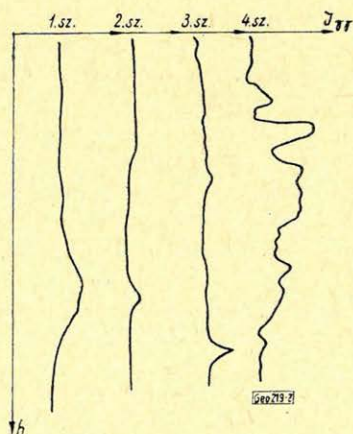
A gamma-gamma szelvények értelmezéséhez fúrómagokon a kőzetek térfogatsúlyának meghatározása céljából sorozatvizsgálatot végeztünk. A mérések eredményei azt mutatják, hogy az üde, nem töredezett homokkövek térfogatsúlya $2,5 \text{ g/cm}^3$ körül változik, míg a közbetelepült agyag- és szénrétegek $1,8-2,3 \text{ g/cm}^3$ -nél kisebb térfogatsúlyúak. A töredezett, mállott rétegek térfogatsúlya a megadott értékeknél alacsonyabb.

A gamma-gamma szelvényezés értelmezésekor az alábbi két szempontot nem szabad figyelmen kívül hagyni:

1. A gamma-gamma intenzitás viszonylag kismervű lokális változása is réteget jelenthet, mivel a módszer effektív sűrűséget határoz meg.
2. A kőzetek valódi térfogatsúlya a gamma-gamma adatok korrekciója nélkül csak elegendően vastag rétegekre adható meg.

A fenti megállapításokat azon esetekben kell elsősorban szem előtt tartani: amikor a kőzet sűrűsége valamely fontos minőségi paraméterrel korrelál és a fúrólyukszelvényezés minőségmegállapításra is szolgálhat (pl. kőszenek hamutartalma).

A mecseki homokkövek kemények, kavernák ritkán képződnek, ezért biztosak lehetünk abban, hogy a gamma-gamma szelvény a térfogatsúly változását tükrözi. Omlékony kőzetekben azonban tisztázni kell a fúrólyuk átmérőjének esetleges megváltozását is lyukbőségméréssel, és az értelmezésnél ezt figyelembe kell venni.



2. ábrs Фиг. 2 Fig. 2.

A következőkben néhány szelvényt mutatunk be (2. ábra), amelyeket a permi antiklinális déli, illetve északi szárnyán elhelyezkedő bányauzemekben vettünk fel. A két üzem szelvényeinek egybevetése tükrözi a kőzetviszonyaikban fennálló különbségeket. Az északi üzem (1,2 görbe) tömör, állékony kőzeteivel ellentétben a déli üzem (3,4 görbe) földtani szelvénye általában változékonyabb, kőzetei tektonikailag erősen igénybe vettek, különböző irányú repedésekkel szabdalnak.

Az 1. és 2. szelvényen a szelvény alsó harmadában jól látható egy-egy réteg megjelenése, amelyet térfogatsúlycsökkenés jellemez: az 1. szelvényen a

kitérés kb 1 m vastag, a környezeténél $0,1-0,2\text{ t/m}^3$ -rel nagyobb térfogatú kőzet beékelődését jelzi, a 2. szelvényen pedig néhány cm -es agyagsík van. Ezekről az első pillanatra is nagyon különbözik a 3. és 4. szelvény, amelyek differenciáltságának oka a rétegsor korábban említett kőzettani és tektonikai változékonysága.

Itt szükséges rámutatni a gamma-gamma mérések közvetlen bányászati célú felhasználhatóságára. Kétségtelen, hogy már a szelvények leírásánál említett rétegfelbontás (zúzott zónák, agyagsíkok, stb. felderítése) a bányaművelés és biztosításmód tervezési szempontjából is fontos információnak tekinthető. Ezen túlmenően azonban lényegesnek tartjuk egyes fúrások időszakonként ismétlődő gamma-gamma vizsgálatát is, mert ezen az úton a kőzettelazulás bekövetkezését regisztrálhatjuk, a robbantás által megbolygatott kőzethatárt kimutathatjuk.

Amint a fentiekből látható, a gamma-gamma módszer a mecseki ércbányászatot széleskörűen segíti.

IRODALOM

1. O. A. Barzsukov *etc.*: Radioaktivnue metodü izsledovanija nyeftyanüch i gazovüch szkvazsin. GOSZTOPTECHIZDAT Moszkva 1958
2. E. M. Fillipov: K voproszu o jaderno-geofiziceszkich metodach opredelenija szosztava gornüch porod i rud.
3. E. M. Fillipov: Koefficientü oszlablenija gamma izlucsenija nekotorüch gornüch porodi mineralov. Polevüe jadernüe geofiziceszkie metodü. Nauka. Moszkva (1966)
4. Karas Gyuláné: Radioaktív módszerek alkalmazhatósága a szénkutató fúrásokban. Magyar Geofizika III. 1-2. 119-122. 1962.
5. Dr. Sebestyén Károly: Vizsgálatok kőszenek minőségi paramétereinek mélyfúrási geofizikai módszerekkel történő meghatározásához. Magyar Geofizika II. 1-12. 1961.
5. Dr. Sebestyén Károly: Kőszénkutató fúrások karottázs vizsgálatának módszerei. Geofizikai Közlemények X. 1-4. 1962.
7. Dr. Tatár János: Nukleáris geofizika alkalmazása barnakőszenek minőségének meghatározására. Geofizikai Közlemények XIII. 4. sz. 1964.

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 közzélhetők. 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 szerzót, 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 díjakból térítjük meg.

SZERKESZTŐSÉG