

Мюллер И. Вадаш И.

Применение радиометрических методов в добыче угля и в обогащении руд

Описываются радиометрические методы, применяющиеся в районе горы Мечек для определения качества руд как в полевых, так и в лабораторных условиях.

P. MÜLLER--I. VADOS

THE APPLICATION OF RADIOMETRIC METHODS IN URANIUM  
MINING AND ORE SEPARATING

The paper deals with radiometric methods of for determining the quality of ores mine openings and laboratories, applied in the Mecsek mountain.

## **RADIOMETRIAI VIZSGÁLATOK FELHASZNÁLÁSA A MECSEKI ÉRCBÁNYÁSZATBAN**

MÜLLER PÁL — VADOS ISTVÁN

A radiometriai eljárások a mecseki ércbányászat egyre nagyobb területén nyernek gyakorlati alkalmazást. Az alábbiakban röviden ismertetjük azokat a radiometriai vizsgálatokat, amelyeket a geofizikusok alkalmaztak, vagy fejlesztettek ki a Mecsek-hegységben és érintjük a radiometria továbbfejlesztésének perspektíváit is.

### **I. A radiometriai kutató módszerek szerepe a radioaktív ércek feltárásánál és készletszámításoknál**

Az ércesedés tanulmányozása közvetlenül a bányavágatokban egységesen a gammasugárzás detektálásán alapszik. Ennek a geofizikai kutatómódszernek a segítségével végzik az ércvonalat térképezését és az ércbányászatban egyébként használatos földalatti geológiai munkálatokra itt főleg tektonikai és genetikai jellegű vizsgálatok maradnak. A Mecsek-hegységben a radiometria által szolgáltatott eredményeket nemcsak mint tájékoztató jellegű adatokat kezelik, hanem a készletszámítások is kizárólag ezeken alapulnak. Így az olcsóbb és gyorsabb fizikai eljárások — először a magyar bányászat történetében — teljesen kiszorították a klasszikus geológiai mintavételezést, amelyet ma már csak ellenőrző jelleggel és fizikai paraméterek megállapítása céljából használnak. A kísérletek eredményeképpen két radiometriai ércminőség és vastagság-megállapító módszer bizonyult alkalmasnak a készletszámítások céljaira: a háttérkompenzációs mérések és a robbantófúrólýuk-karottázs.

1. Ércminőségmegállapítás bányavágatokban háttérkompenzációs műszeres mérésekkel

A háttérkompenzációs mérések a bányavágatok falán, szelvények mentén történnek. A gammasugárzás regisztrálása útján nyert adatok helyes kiértékelésének elvi feltétele: a környező vágatfalak zavaró sugárzásának kiszűrése. A legegyszerűbb eljárás, speciális ólomernyő

alkalmazása, amely mozgatható ékkel van felszerelve. Az ék nélkül és ékkel végzett mérések különbsége arányos a százalékos érc tartalommal és mentes a háttér zavaró hatásától. Megoldva a gammasugárzás ék nélkül és ékkel mért intenzitásának ismert integráljait kapjuk az (1) egyenletet.

$$Q \% = \frac{\frac{M_1 \cdot 100}{e}}{2 \pi \cdot G \cdot \sin \varphi (1 - e \mu_2 d)} \cdot \frac{\Delta I}{C \cdot (1 - \alpha)} \quad (1)$$

$\Delta I = I$  ék nélkül  $-I$  ékkel — a gammasugárzás mért intenzitáskülönbsége,

$Q$  = urántartalom %-ban

$\mu_1 \mu_2$  — elnyelési koeficiensek az ólomban és az ércben

$G$  — gamma-állandó

$d$  — az ólomernyő vastagsága

$e$  — sűrűség

$c$  — radioaktív egyensúlyi koeficiens

$\alpha$  — emanálási együttható

$2\varphi$  — az ólomernyő ékszöge

Az egyenletben szereplő állandókat „B”-vel jelölve eljutunk a háttérkompenzációs mérések alapegyenletéhez.

$$Q = B \frac{\Delta I}{C(I - \alpha)} \quad (2)$$

Az alapegyenletből következik, a pontos háttérkompenzációs gammamérések fontos feltétele: ismerni kell a radioaktív egyensúly és az emanációs koeficiens értékét.

Az ólomernyő állandóját ( $B$ ) ismert százaléktartalmú, radiometrikusan telített réteg felett kell meghatározni.

A gyakorlati mérések azonban sokszor vékonyabb érctelepeken, vagy egyenetlen ércesedésű helyeken történnek. Ezekben az esetekben a helyes százalékos  $U$ -tartalmat csak a gamma anomália területének és az ércvastagságnak a figyelembevételével lehet meghatározni.

$$Q = \frac{S_{\Delta I}}{Kmc(I - \alpha)} \quad (3)$$

ahol:

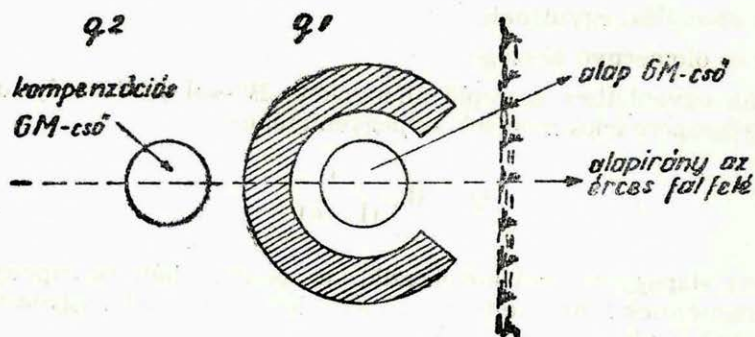
$S_{\Delta I}$  — a mért gamma anomália területe

m — az ércetest valódi vastagsága

$K = \frac{l}{B}$  — átszámítási tényező, gamma 0,01 U %

Az anomália megszerkesztése és területének a kiszámítása minden egyes szelvény esetében nehézkessé teszi a kiértékelést, ezért a lelőhely átlagvastagságára jellemző „látszólagos” átszámítási tényezőt kell megadni és gyakorlatban a (2) összefüggést használni a minőség megállapításánál. Ezzel a módszerrel kielégítő eredményeket értünk el: a radiometrikus minőségmegállapítás adatai a megengedett hibahatárokon belül egyeztek a rés-minták vegyi elemzéseivel. Mivel a résminták kiszedésének, feldolgozásának és elemzésének a költségei sokszorosan felülmúlják a néhány perces háttérkompenzációs mérések költségeit, ezért az összehasonlítás már legegyszerűbb mérési eljárásnál eldőlt a geofizika javára.

A háttérkompenzációs radiometrikus mérések további tökéletesítése a gamma sugárzás irányított detektálásán alapszik. Ezt a módszert is először a mecseki területen próbáltuk ki szovjet gyártmányú műszerrel, amely ún. „A” típusú árnyékolási rendszeren alapszik (l.



1. ábra

1. ábra). Az eljárás lényege, hogy az alap GM-cső és a kompenzációs GM-cső érzékenységét a (4) egyenletnek megfelelően válasszuk meg:

$$P_2 = q_1 \cdot \eta \quad (4)$$

ahol:

$q_1, q_2$  — az alap és a kompenzációs csatorna érzékenysége

$\eta$  — az ólomernyő elnyelődési koefficiense.

Amennyiben ezt a feltételt teljesítjük és a két GM-cső erősített és formált jeleit ellenkező előjellel egy differenciál-csatornára vezet-

jük, teljesen megszabadulunk a háttérsugárzás zavaró hatásától. Ez következik az „A” típusú árnyékolási rendszerek alapegyenletéből is.

$$\Delta I = I_{\text{érec}} q_1 (\gamma^2 - 1) \quad (5)$$

ahol:

$\Delta I$  — a műszer által mért összsugárzás

$I_{\text{érec}}$  — az érec gamma sugárzásának az intenzitása.

Az irányított detektáláson alapuló radiometrikus mérések pótolhatják az ékes ólomernyős méréseket, és ugyanakkor kétszer gyorsabban. A műszer továbbfejlesztésével, különösen az árnyékolási rendszer tökéletesítésével elérhetjük, hogy javuljon a műszer irányítottsági szöge és érctelepeinket élesen le tudjuk határolni. Az irányított detektáláson alapuló mérések hiányosságai:

a) A hitelesítés nehézsége (két etalon segítségével több csatornán kell beállítani az optimális érzékenységet).

b) A fluktuáció növekedése a GM-csövek számának a megváltozása következtében.

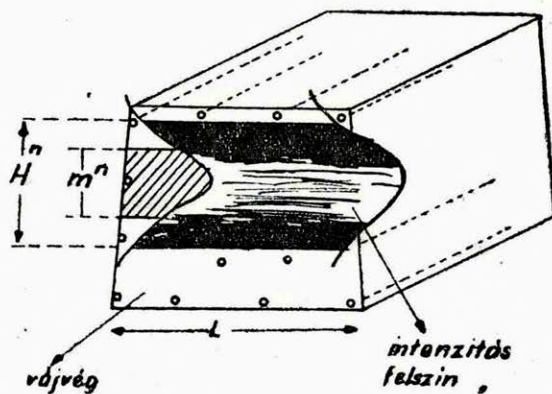
c) Figyelembe kell venni a mérendő radioaktív érc gamma sugárzásának a spektrális összetételét, mivel ennek megváltozása kihat az érzékenységre.

## 2. A robbantófúróluk-karottázs eredményeinek felhasználása a készletszámításhoz

A Mecsekben lefolytatott kísérletek alapján bebizonyítottuk, hogy a háttérkompenzációs méréseken kívül a robbantófúróluk-karottázs is felhasználható a készletszámítások céljaira. A robbantófúróluk-karottázs mérések bányatechnológiai okokból (szelektív jövesztés, vágat irányítás) rendszeresen folynak az összes vágatokban. Ezeknek az adatoknak a felhasználása minőségmegállapítás céljaira, csökkenti a háttérkompenzációs méréseket és jelentős gazdasági megtakarítást eredményez.

Az alábbiakban kitérünk a módszer elméleti alapjaira és az általunk kidolgozott kiértékelési eljárásra.

A robbantófúróluk-karottázs méréseit úgy fogtuk fel, mint egy érces vájvég sűrű megmintázását statisztikusan elszórt pontokban. Ha a méréseken keresztül bárhol egy, a vájvéggel párhuzamos síkot fektetünk és a robbantófúróluk-karottázs adatokat megfelelő léptékben a síkra merőlegesen kivetítjük, egy intenzitás felszín kapunk (lásd: 2. sz. ábra). Ez a felszín a térben egy intenzitás térfogatot hatá-



2. ábra

écl, amely egyenlő:

$$V^n = I_{köz}^n H^n l$$

ahol:

$V^n$  — intenzitás térfogat

$I_{köz}^n$  — a síkban végzett mérések közepes intenzitása

$H^n$  — az anomália szélessége az érces mérésekig (az U iparilag hasznosítható alsó határáig),

$l$  — vágatszélesség

Közepelve az egyes síkok adatait, az egész robbantási szakaszra és figyelembe véve, hogy az intenzitás térfogat arányos az ércetst közepes területével (ml), meghatározhatjuk a %-os U-tartalmat:

$$Q = \frac{V}{Klm} = \frac{I_{köz} \cdot H \cdot l}{K \cdot l \cdot m}$$

ahol:  $K$  — átszámítási koefficiens.

Egyszerűsítve a vágat szélességgel, amely általában konstans, kapjuk a robbantófúróluk-karottázs alapegyenletét:

$$Q = \frac{I_{köz}}{\left(\frac{K}{H}\right) \cdot m} \quad (6)$$

A készletszámításhoz szükséges ércminőséget ( $Q$ ) és vastagságot ( $m$ ) tehát az adott vágatszakasz közepes intenzitásának és a  $K/H$  függvénynek a segítségével határozzuk meg. A közepes intenzitást „mint alapadatot” a geofizikus operátorok méréseiből azonnal készen kapjuk, míg a  $K/H$  függvényt matematikailag, vagy empirikus adatok felhasználásával grafikusán adhatjuk meg. Értékét az ércesedés jellege szabja meg.

Éles réteghatárok esetében megfelelő kiértékelési eljárást csak a (6) egyenlet alapján dolgozhatunk ki.

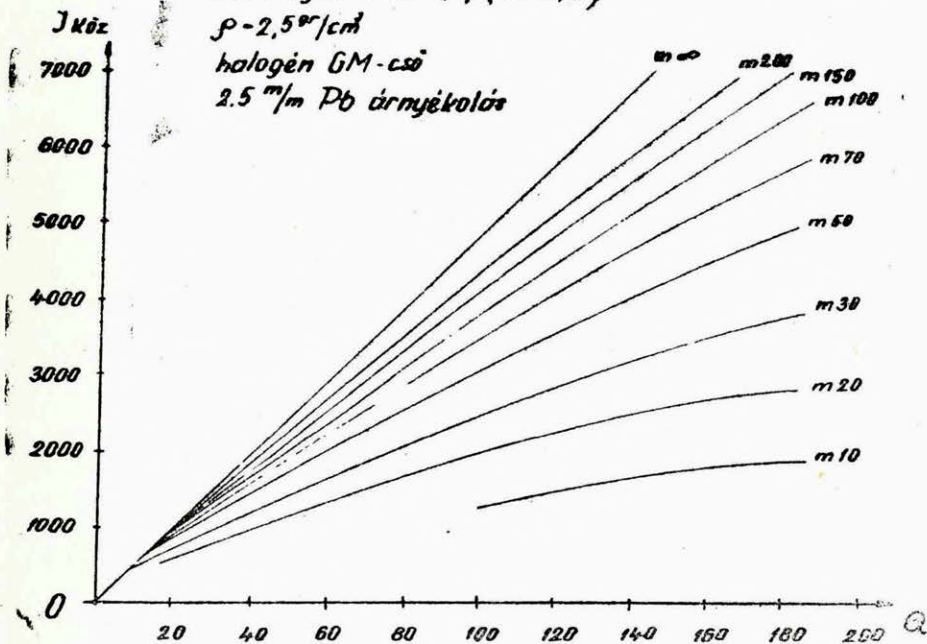
Az urántartalom kiszámításához a  $Q = f(I_{köz}, m)$  grafikon sorozatot szerkesztettük meg (3. sz. ábra). A mérések kb.  $2,5 \text{ gr/cm}^3$  sűrűségű

*Nomogramma  $Q-f(I_{köz}, m)$*

*$\rho = 2,5 \text{ gr/cm}^3$*

*halogén GM-cső*

*$2,5 \text{ m/m Pb árnyékolás}$*



3. ábra

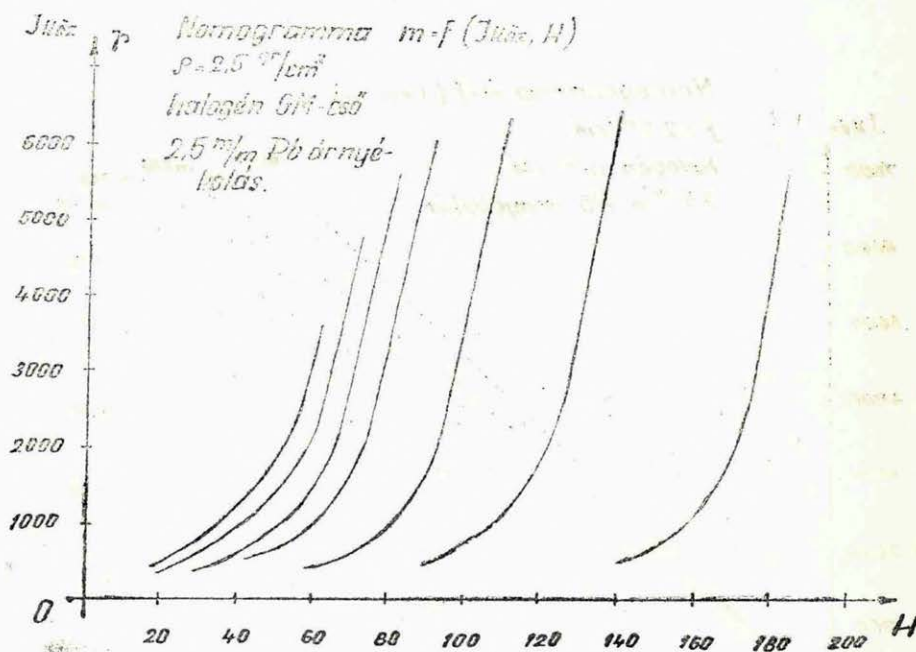
közegetben történtek. A 3. ábrából látható, hogy az  $U$ -tartalom erősen függ a rétegvastagságtól, különösen a vékony rétegek esetében. Nyilvánvaló, hogy a robbantófúróluk-karottázs eddig alkalmazott kiértékelési eljárásai, amelyek figyelmen kívül hagyják ezt az összefüggést, komoly hibát vétettek az  $U\%$  kiszámításánál.

A rétegvastagság kiszámítását az ércesedési koefficiens segítségével végezzük. Adott robbantási szakaszban a gamma intenzitás felszín közepes szélessége kizárólag a vágatmagasság ( $v$ ) és az ércesedési koefficiens ( $E$ ) függvénye:

$$H = E \cdot v \quad (7)$$

ahol:  $E = \frac{\text{érces mérések}}{\text{összes mérések}}$

Az ércréteg valódi vastagságát ( $m$ ) a 4. ábrán látható nomogram-



4. ábra

mából határozhatjuk meg. Monoton változó ércesedés esetében  $m = H$ , így a (6) összefüggés leegyszerűsödik és az ércminőség az átszámítási tényező ismeretében azonnal megadható.

$$Q = \frac{I_{köz}}{K} \quad (8)$$

Tehát a robbantófúrólýuk-karottázs adatok feldolgozását elméletileg helyes alapokra fektettük és a megfelelő grafikonok segítségével



két kiinduló adatot ( $I_{k\ddot{o}z}$ ,  $E$ ) felhasználva, egyszerűvé és gyorsá tettük a kiértékelési eljárást.

A megadott százalékos urántartalmat és ércvastagságot felhasználjuk a készletszámításokhoz.

A robbantófúróluk-karottázs adatai felhasználhatók a bányavágatok ércesedésének az ábrázolásához is. A perem fúrólukokban mért gamma intenzitást 1:50 léptékben a megfelelő vágatfalakra vetítve, áttekinthető képet kapunk az érc elhelyezkedéséről.

Összefoglalva a földalatti radiometriai kutató módszereket, megállapíthatjuk, hogy a radioaktív ércek bányászatában kulcsfontosságú helyet foglalnak el. Az ismertetett radiometriai módszerek segítségével történik az érc kutatása, %-tartalmának, vastagságának a megállapítása és a szelektív-jövesztés irányítása.

## II. Az ércminták laboratóriumi elemzése radiometrikus módszerekkel

Az előzőekben tárgyalt bányabeli radiometrikus módszerek a gamma-aktivitásmérést használják fel a minőség-megállapításra. Tekintettel arra, hogy az egyensúlyi urán-rádiumérc gammasugárzása kb. 98 %-ban a rádiumtól, illetve bomlási termékeitől (RaB, RaC) származik, így az előző módszerek tulajdonképpen a rádium (pontosabban RaB, RaC) koncentrációit szolgáltatják. A tényleges  $U\%$ -ot abban az esetben kaphatjuk meg ilyen úton pontosan, amikor az ércben a rádium-urán és rádium-radon között is egyensúly van, vagy ezek ismeretében az eredményeket korrigálhatjuk.

Mindezekből következik, hogy az  $U$  meghatározás mellett, a laboratóriumi munkák egyik legfontosabb részét a radioaktív egyensúly és az emanációs koefficiens meghatározások képezik.

A laboratóriumi elemzésekhez a mintavételi szabályoknak megfelelően begyűjtött és előkészített 200 gr súlyú,  $150\mu$ -os szemcsenagyságú, pormintákat használunk fel.

Az egyes komponensek koncentrációját relatív mérések útján állapíthatjuk meg. Ahhoz, hogy megfelelő pontosságú adatokat kapjunk a mérések során a következő követelményeket kell kielégítenünk: Az etalon, valamint a minta azonos geometriai feltételek melletti mérése, a súly, sűrűség, vegyi összetétel megközelítő ismerete. A laboratóriumi radiometrikus mérésekhez használt különböző műszerek detektorának geometriai elrendezése a minta összetételének, koncentrációjának és a súlynak, valamint a megbízhatósági követelményeknek a függvénye. Továbbiakban az általunk alkalmazott meghatározások rövid, módszertani összefoglalását adjuk.

### Uránmeghatározás

Az érces minták urántartalmának radiometrikus meghatározásá-

ra a béta-gamma módszert alkalmazzuk. A minta béta és gamma aktivitásának együttes mérése azért szükséges, mivel a geokémiai folyamatok következtében az U—Ra családban radioaktív egyensúlyi eltolódások jönnek létre.

Abban az esetben, ha mind a béta, mind a gamma aktivitás eredményét felhasználjuk a minta uránkoncentrációjának meghatározásánál, a különböző radioaktív egyensúlyi eltolódások nem zavarják meg az elemzést. A béta-gamma módszert részleteiben nem tárgyaljuk, mivel több szerző foglalkozott már ismertetésével, inkább a mecseki lelőhelyen való alkalmazása során szerzett néhány tapasztalat-tunkról számolunk be.

A kémiai elemzésekkel való legjobb egyezést akkor kapjuk, ha az összehasonlításnál a mintákhoz hasonló összetételű, helyi ércből készült egyensúlyi, gyengén emanáló etalont használunk fel. A stabilitás növelése érdekében fontos, hogy csak előzetesen leellenőrzött, közel egyező karakterisztikájú GM-csőveket alkalmazzunk.

A mecseki radiometrikus laboratóriumban megfelelő műszerállandók mellett, jó eredményeket kapunk az  $U = 2U_{\beta+\gamma} - U_{\gamma}$  képlettel különösképpen, ha a minták egyensúlya az etalonéhoz közelálló. Nagyobb egyensúly eltolódásoknál korrekció szükséges, amelyet egyszerű diagrammról állapítunk meg.

Tapasztalataink szerint a kombinált béta-gamma berendezést (a bétasugárzást SzTSz-5 GM-csővel, míg a gamma-aktivitást szcintillációs úton mérve) célszerűbb felhasználni, mint a sokcsöves készüléket. Legnagyobb előnye, hogy lényegesen kisebb mintasúly mellett is (200 gr helyett 40 gr) megbízható eredményt szolgáltat.

### Radioaktív egyensúlyi- és az emanációs koefficiens meghatározása

A radioaktív egyensúlyi koefficiens kiszámítása a következő képlettel történik:

$$C = \frac{Q_{Ra}}{Q_U \cdot 3,4 \cdot 10^{-7}} \cdot 100\% \quad (9)$$

ahol:

$Q_{Ra} \cdot Q_U$  — a mintában levő Ra és U mennyiség gr/gr-ban,

$C = 100\%$  radioaktív egyensúlyt,  $C > 100\%$  Ra — többletet,

$C < 100\%$  pedig U-túlsúlyt jelent.

Ahhoz tehát, hogy a C értékét megad hassuk, ismerni kell a Ra és U pontos mennyiségét. Az U-tartalmat kémiai, vagy radiometrikus, míg a Ra-tartalmat radiokémiai, vagy radiometrikus úton állapíthatjuk meg. A radiokémiai módszer körülményes és ezen kívül a Ra ol-

datbavitelénél veszteség léphet fel, ami az eredmények megbízhatóságát lényegesen csökkentheti. Ezért célszerűbb a Ra-tartalmat gamma-módszerrel meghatározni, vagy kombinált módszert alkalmazni, amikor a mintából eltávozott Rn-t, emanációs úton, a mintában maradt Rn-t pedig gamma-módszerrel adjuk meg. A Ra-tartalom meghatározására a következő eljárást használjuk: a mintát kiszellőztetjük, majd 80 gr-ot mérőedénybe teszünk, amelyet hermetikusan lezárunk. 3 óra elteltével — amikor a Rn bomlástermékei egyensúlyba jönnek a mintában maradt Rn-nal — végezzük el az első mérést. A mintát ezután naponként mérjük 5—6 alkalommal. A kapott eredményekből idő-aktivitás görbét építünk fel, amelyet grafikusan kiegyenlítettünk. Innen olvassuk le az egyes mérési időkhöz tartozó helyesbített aktivitásokat, amelyeket a további számításoknál használunk fel. A Ra-tartalmat a következő képlet alapján kapjuk:

$$C_{Ra} = \frac{A'_\gamma - A''_\gamma \cdot e^{-\lambda t}}{1 - e^{-\lambda t}} \quad (10)$$

ahol:

$A'_\gamma$  és  $A''_\gamma$  — az első és második mérés eredménye Curie/gr, vagy  
 vivalens U%-ban

$t$  — az első és második mérés között eltelt idő,

$\lambda$  — a Rn bomlási állandója.

Két közbeeső mérési eredményt is felhasználhatunk a Ra-tartalom kiszámításához:

$$C_{Ra} = \frac{A''_\gamma e^{-\lambda t_1} - A''_\gamma e^{-\lambda t_2}}{e^{-\lambda t_1} - e^{-\lambda t_2}} \quad (11)$$

ahol:  $t_1, t_2$  — az első és második, illetve első és harmadik mérés között eltelt idő.

Meg kell jegyeznünk, hogy ezeket a képleteket azzal a feltétellel használhatjuk, hogy a mintában az Rn-bomlástermékein kívül nincs más gammasugárzó elem (a Mecsekben nincs jelentős mennyiségű Th és kálium, az U( $X_1 + X_2$ )-ből származó gammasugárzást pedig 50%-nál kisebb egyensúlyi koefficiens esetében kell figyelembe venni).

Ugyanezeket az eredményeket felhasználhatjuk az emanációs koefficiens meghatározására is a következő képlet alapján:

$$\alpha = \frac{A'_\gamma - A''_\gamma}{A''_\gamma - A''_\gamma e^{-\lambda t}} \cdot 100\% = \frac{C'_{Rn}}{C_{Rn}} \quad (12)$$

ahol:

" — az emanációs koefficiens

$C_{Rn}$  — a mintából eltávozó Rn koncentráció

$C_{Rn}$  — a mintában keletkezett össz Rn koncentráció.

Tapasztalataink szerint a módszer alkalmazásánál a következő szempontok figyelembevétele szükséges:

1. Csak száraz, gondosan kiszellőztetett minták kerülhetnek elemzésre. Ajánlatos a legoptimálisabb szellőztetést megállapítani, s minden mintánál ugyanezt alkalmazni. Kísérleteink alapján 5—6-szoros keverés-rázás elegendő erre a célra. Különösen fontos a művelet végrehajtása zártan (pl. üvegedényben) tárolt minták esetében.

2. A minta az edényt teljesen megtöltse, az üres tér ugyanis zavarólag hat a mérési eredményekre, ami az egyenlőtlen Rn eloszlással magyarázható.

3. Az összehasonlításhoz 30 nap óta lezárt, ugyanolyan edényben levő etalont használjunk.

4. Az elemzés befejezésével a mintát ugyanúgy, mint a beméréskor, ki kell szellőztetni, az edényt gyenge savval (3—4% HCl) kimosni, majd 3 óra elteltével mérést kell végezni.

Az eredmények közel meg kell egyezni az első mérés értékével.

Az emanációs koefficiens meghatározásához is meghatározhatjuk, a közismert eljárás szerint.

A gamma- és emanációs módszerrel kapott eredményeinket összehasonlítva, a következők állapíthatók meg: a gamma-módszerrel történő emanációs koefficiens meghatározás elsősorban a magas koncentrációjú, jól emanáló minták esetében ad megbízható eredményt. Ez egyrészt azzal magyarázható, hogy gammaméréseink nem a legjobb geometria mellett történnek, másrészt az emanációs módszer nagyobb érzékenységgel hozható összefüggésbe. Abban az esetben, ha kombinált módszert alkalmazunk, különösen fontos a minta teljes deemanálása. A gyakorlatban a Rn meghatározás két módszere (emanációs és gamma-módszer) által kapott eredmények eltérőek lehetnek egymástól, ez a különbözőképpen deemanált mintákkal és a stationális állapot eltolódásával hozható kapcsolatba. Kísérleteink szerint a nonstationális állapot már a minta-feldolgozás során alkalmazott alacsony hőfokon is létrejött és ezt figyelembe kell venni.

Az ismertett laboratóriumi módszereket a mecseki uránérczek elemzésére használtuk fel. Az expedíció változó ásványi összetételű mintáinak analízisére a fenti módszerek nem alkalmazhatók, mivel egyrészt alacsony uránkoncentrációjúak, másrészt szükséges a tórium és kálium pontos meghatározására is.

Erre a célra a legmegfelelőbb a 4 komponens gamma-spektrum elemzés. A Ra, U, Th és K eltérő gamma-spektrummal rendelkeznek, s így különböző energiaszintek mérésével szétválaszthatók. A legopti-

málisabb energiaszinteket U-oxid, egyensúlyi U-Ra, Th és K-tartalmi etalonok segítségével mérhetjük ki. A cél az, hogy a kiválasztott elem mérésénél a többi komponens sugárzása lehetőleg minimális legyen, a megfelelő érzékenység figyelembevételével. A minta gamma-spektrumának 4 különböző helyén mérve, 4 négyismeretlenes egyenlet állítható fel, amelyekből a keresett komponensek megadhatók. Kísérleteink szerint gazdaságosabban végezhetjük el az ilyen minták elemzését, ha a K (esetleg U is) meghatározásához béta mérést, a Ra, Th (U) esetében pedig gamma-spektrum elemzést végzünk.

Az alacsony koncentrációjú minták mérésére olyan módszert is kidolgoztunk, amely egyszerű berendezéssel elvégezhető, 2 béta és 1 gamma mérésen alapul. A módszer elsősorban U, Ra, K, Th-tartalmú kőzetminták U és K-tartalmának meghatározására szolgál. Az eljárás alapját az adja, hogy a K béta-sugárzása a szűrőréteg vastagság növekedésével nagyobb mértékben nyelődik el, mint a többi komponensé. A meghatározás során a mintát három különböző szűrő mellett mérjük meg. Az első béta mérésnél kb. 60, a másodiknál 200 mgr/cm<sup>2</sup>, míg a gamma esetében 1,5 gr/cm<sup>2</sup> szűrőrétegvastagságot alkalmazunk (ez utóbbi esetben szcintillációs gammamérést is használhatunk). A három mérés alapján 3 — háromismeretlenes egyenletet állítunk fel, amelyekből a keresett U, K és esetenként a Ra tartalom is megállapítható (a Th-tartalom az U és K értékeire — megfelelő mérési feltétel mellett — gyakorlatilag nincs hatással).

Az ismertetett laboratóriumi radiometrikus módszerek a kémiai meghatározásokkal megegyező pontosságúak. Figyelembevéve a kémiai elemzések munka- és anyagigényességét, feltétlenül a gyorsabb és olcsóbb radiometrikus módszerek alkalmazása a célszerűbb.

#### FELHASZNÁLT IRODALOM:

1. X. B. MEZSIBORSZKAJA, V. J. SASKIN, I. PI SUMILIN: „Anallz radioaktivnüh rud beta-gamma metodom” Atomizdat, Moszkva, 1960.
2. JOHN L. MERO: „Uses of the gamma-ray spektrometer in mineral exploration”. II. Nemzetközi konferencia az atomenergia békés felhasználására.
3. S. SCIUTI, D. PROSPERI: „Precise radiometric determinations of uranium and thorium Constants in ores”. LL. Nemzetközi konferencia az atomenergia békés felhasználására.
4. V. P. BOVIN: Metodü napravlennoj regisztracii gamma izlucseniya Atomnaja energija 1960. dec. 483. old.