

# Radioaktív lyukszelvényezés fejlődésének irányai

TAT ÁR JÁNOS

A jelenleg alkalmazott radioaktív lyukszelvényező berendezések általában nem alkalmasak arra, hogy a természetes, vagy mesterségesen előidézett radioaktív sugárzások energiaviszonyairól tájékoztatást nyújtsanak. A műszertechnika fejlődése, főleg az energiaszintek elkülönítésének lehetősége, messzeemenően kiszélesíti a közismert radioaktív mérési eljárások alkalmazási és interpretálási körét. Különösen áll ez azokra a mérési eljárásokra, amelyeknél egyes elemekre jellemző energiaszintet lehet elkülöníteni. A radioaktív lyukszelvényezés ilyen esetben már nem a vizsgált földtani réteg fizikai paramétereit szolgálta, hanem közvetlenül meghatározta az elem koncentrációját. A radioaktív karottázs, a technika fejlődésének eredményeképpen, a többszatornás, energiaszintek elkülönítésére alkalmas lyukszelvényező berendezés monokromatikus, nagy energiájú neutronokat szolgáltató lyukgenerátorok alkalmazása révén, általában mélyfúrásban végrehajtott vegyiészeti analízáló módszeré. Az elbárában azokat a lehetőségeket tárjuk fel, melyek a mai nukleáris technika mellett, laboratóriumi körülmények között végrehajtható kísérleteken alapulnak és így mélyfúrási vizsgálatokra való átültetésük megfelelő műszerek kialakítása esetén gazdaságilag eredményesnek ígérkeznek.

Применяющаяся в настоящее время аппаратура радиоактивного каротажа в общем не дает сведений об энергетических условиях естественных или искусственно возбуждаемых радиоактивных лучей. Развитие техники приборостроения, в частности, возможность разделения уровней энергии, в значительной мере расширяет область применения и интерпретации общеизвестных методов радиометрических исследований. Это касается главным образом методов измерения, позволяющих разделить уровни энергии, характерные для отдельных элементов. При этом радиоактивным каротажом анализируются уже не физические параметры изучаемых геологических разрезов, а непосредственно определяется содержание в них различных элементов. В результате развития техники, путем применения каротажной аппаратуры, разделяющей различные уровни энергии, а также монохроматических скважинных генераторов, дающих нейтроны высокой энергии, радиоактивный каротаж преобразуется в метод химического анализа разрезов скважин. В докладе излагаются возможности, которые — при современной ядерной технике, открываются перед исследованиями, проводимыми в лабораторных условиях и осуществление которых в работах по исследованию глубоких скважин, при создании соответствующих приборов, может принести значительный экономический эффект.

Die gegenwärtig angewandten radiometrischen Bohrlochvorrichtungen sind im allgemeinen nicht geeignet von den Energieverhältnissen der natürlichen oder künstlich hervorgerufenen radioaktiven Strahlungen eine Auskunft zu geben. Die Entwicklung der Instrumententechnik, in erster Reihe die Möglichkeit der Absonderung der Energieniveaus, erweitert die Anwendbarkeit und Interpretation der bekannten radiometrischen Verfahren. Das gilt am meisten für die Messverfahren, die die Trennung der den einzelnen Elementen eigentümlichen. In diesem Fall liefert die radioaktive Bohrlochmessung nicht nur einen physikalischen Parameter der geologischen Schicht, sondern auch die Konzentration des betreffenden Elements. Die radioaktive Bohrlochmessung infolge ihrer technischen Entwicklung, wandelt sich in eine in der Tiefbohrung durchgeführte analytisch-chemische Methode um, durch Anwendung von monochromatischer hochenergetischer Neutronen liefernden Bohrlochgeneratoren.

Im Vortrag werden die Möglichkeiten dargelegt, die mit der heutigen nuklearen Technik auf unter laboratorischen Verhältnissen ausführbaren Experimenten beruhen, die aber durch entsprechende Ausgestaltung der Apparaten zu Bohrlochmessungen verwendet werden können.

Tíz esztendeje, hogy hazánkban is megkezdtek a mélyfúrási geofizikai módszerek körének kibővítését a radioaktív vizsgálati eljárásokkal. A gamma, neutron-gamma és gamma-

gamma szelvényezés a kőszénkutatásban és a vízfeltáró fúrások vizsgálatánál döntő sikert hozott, ezért gyorsan elterjedt, mindennapos használata természetessé vált.

A három közismert eljárás azonban a maga egyszerűségében még nem biztosítja a földtani kutatás számára mindazokat a lehetőségeket, amelyeket a radiológia magában rejt. A módszerek és műszerek fejlesztése, újabb elveken működő berendezések szerkesztése és a laboratóriumi viszonyok között kialakított radiológiai anyagvizsgálati eljárások átültetése mélyfúrási viszonyokra, képezik az előtünk álló feladatokat.

A fejlesztési feladatok műszeres vonatkozásban a felbontóképesség, az érzékenység, a hőtűrés és nyomásállóság növelését jelentik. A szelvényező és kiértékelő munka keretében is megtalálhatók a fejlesztési feladatok. A természetes gammaszelvények értelmezésénél például megelőgszünk a litológiai határok megvonásával és alig teszünk valamit annak érdekében, hogy egy közettípuson belül az agyagosság fokát kvantitatíve is kifejezzük. Erőfeszítések történtek már arra, hogy a gamma-gamma szelvényeket ellássák  $g/cm^3$  skálával és így a térfogsúly számszerűen is leolvasható legyen. Ezzel szemben a három közismert radiokatív eljárás együttes feldolgozását a porozitás számszerű meghatározása érdekében nem helyeztük még előtérbe.

A fejlesztési feladatok tehát még sok áldozatos munkát követelnek a mélyfúrási geofizikusoktól. Ez a program azonban nem vonhatja el figyelmünket az újabb nukleáris módszerektől. Az új módszerek a földtani következtetéseket már nem a fizikai paraméterek tolmácsolásával vonják le le. A vizsgált rétegben egyes elemek, ill. izotópok koncentrációját közvetlenül mérik.

Ahhoz, hogy egyes elemek koncentrációját nukleáris módszerrel detektálhassuk, néhány alapvető feltételnek teljesülnie kell. Első feltétel, hogy a vizsgálni kívánt elem természeténél fogva radioaktív legyen,

vagy nagy befogási hatáskeresztmetszete révén alkalmas legyen arra, hogy mesterségesen radioaktívvá tegyünk a mélyfúrásban. A másik feltétel az, hogy a radioaktív bomlás a környezethez viszonyítva karakterisztikus legyen a vizsgált elemre nézve. A karakterisztikusságot szolgáttathatja a bomlás intenzitás változása (felezési idő) és a bomlást kísérő gammasugárzás energiája, vagy esetleg éppen a radioaktívvá tétel alkalmával fellépő gammasugárzás, az úgynevezett befogási sugárzás energiája. Természetes, de csak korlátozottan teljesülő további követelmény, hogy a szóbanlevő izotóp mennyisége, figyelembe véve a befogási hatáskeresztmetszetet és felezési időt, elegendő legyen a jól értelmezhető sugárzási szint kialakításához.

A feltételekből már látható, hogy a radioaktív szelvényezések fejlettebb formája jelentős követelményeket támaszt mind a lyukszelvényező berendezéssel, mind pedig az alkalmazott sugárforrással szemben.

A radioaktív lyukszelvényező berendezés általánosan használt formájában – egyszerű GM-csőves, vagy szcintillációs rateméter – csak kivételes esetben felel meg az új technikához. Ritkán oldható meg a feladat egyértelműen az energiaszintek elkülönítése nélkül. Ilyen kivételes eset a bauxittelepek alumínium-tartalmának becslése aktíválásos analízissel. Általában 3–5 csatornával rendelkező amplitudóanalizátort kell igénybe venni felszíni egységként. A csatornák szélességét és helyét az energiaspektrumon tág határok között kell változtatni. A szelektív gamma-gamma szelvényezésnél például 30–200 keV energiájú visszaszórt gammasugarakat kell elkülöníteni a nagyobb energiáktól a nehéz elemek kimutatása érdekében. A neutron befogási gammasugárzás vizsgálata viszont az 1,0–10,0 MeV ener-

gia tartományt öleli fel. Az aktiválásos karottázsnál az egyes elemek energiaspektrumai közel fedésben vannak, így az ideális lyukműszernél gondolni kell a Compton-tartományok kizárására. A jól szelektált fotocsőcsöket azonban nemcsak energia meghatározásra kívánjuk felhasználni, hanem az intenzitás értékekből az észlelt izotóp mennyiségére is nagy pontossággal akarunk következtetni. Mélyfúrási körülmények között a felsorolt követelmények ma még csak a kutatás célkitűzései lehetnek.

Gazdaságossági megfontolások miatt a lyukműszert komplex eszközként kell megtervezni. A nagymélységű fúrásokban a különböző radioaktív szelvényeket együttesen több csatornán át, vagy felszíni kapcsolás segítségével szükségszerűen csoportosítva, célszerű felvenni. A következő szelvénytípusok regisztrálására kell gondolni:

1. Természetes aktivitás, ill. annak spektruma.

2. Gyors neutronok sűrűségváltozása.

3. Lassú neutronok sűrűségváltozása.

4. A neutronok rugalmatlan ütközéséből származó gammasugárzás-energia érzékeny regisztrálása.

5. A befogási gammasugárzás spektruma.

6. Az aktivált elemek gammasugárzásának spektruma.

7. A szórt gammasugárzás energia-érzékeny regisztrálása.

Az eddig alkalmazott neutronforrással sem elégedhetünk meg a jövőben. A 138 nap felezési idejű Po-Be neutronforrást máris felváltják a Pu-Be és Am-Be források nagy felezési idővel. Nem elégedhetünk meg azonban az alfanutronforrások csekély fluxusával, folytonos energia spektrumával és alacsony energiájával. Az új szondatípusba zárt neut-

ronforrások helyett neutrongenerátor kerül. A neutrongenerátor ionforrása általában deutérium. Tríciumtarget esetén 14 MeV, deutérium céltárgy esetén pedig 3 MeV energiájú neutronokat nyerhetünk közel monoenergetikusan. A szondába természetesen megfelelő fékező elemeket is elhelyezünk a termikus neutronok termelése érdekében.

Ha a deutérium és trícium céltárgyat forgótárasára helyezük, úgy váltakozva kapunk különböző energiájú neutronsugárzást. A céltárgyak forgási periódusának megfelelően a detektorok is váltakozva két-két csatornára dolgoznak és így egy menetben regisztrálják a magasabb és az alacsonyabb energiájú neutronok szóródását és befogásukból származó prompt gammasugarakat.

Impulzusüzemeltetés esetén viszont a generátor működési ideje alatt a neutronok rugalmatlan ütközéséből származó gammasugárzást regisztráljuk, az üzemszünetben pedig a befogási gammasugárzást.

A szonda távolabbi pontján elhelyezett további detektorok a vontatási sebességtől függően késve kerülnek a besugárzott rétegek elé és így egyrészt a gyors neutronok, másrészt a lassú neutronok által gerjesztett mesterséges radioaktív izotópok bomlási gammasugárzását regisztrálhatjuk. A detektorokat a besugárzott rétegek elé emelve és a neutrongenerátort kikapcsolva különböző energiatarományokban mérhetjük a rétegben keletkezett radioaktív izotópok gammaintenzitásának változását az idő függvényében. Így az energiamérésen kívül a felezési idő is bevonható a vizsgált elemek azonosításába.

A vázolt komplex nukleáris lyukszelvényező felszerelés bonyolult és költséges. Földtani értékelése ma még pontosan nem adható meg, csupán vázolhatjuk a teljesítőképességét.

A természetes aktivitás három energiatartományban történő regisztrálása például messzemenően növeli a litológiai felbontást. A karbonátos kőzeteket a tóriumtartalom alapján tagolhatjuk dolomitra, meszes dolomitra és kalcitos mészkőre. Különösen jelentős az a megfigyelés, hogy az agyagokban felvett spektrális természetes gammaszelvényből megállapíthatjuk az agyag ásványi összetételét, mert az urán-, tórium- és káliumkoncentráció aránya az egyes agyagásványok környezetében eltéréseket mutat. Figyelemre méltó viszont az a megállapítás is, hogy a gammaspektrum több hatalmas agyagelőfordulásban — az említett koncentrációváltozás ismerete ellenére — teljesen egységes. A spektrális gammaszelvényből tehát fontos következtetéseket vonhatunk le az üledékképződés mechanizmusára vonatkozóan, pontosabbá tehetjük számításainkat a Föld hőháztartásával kapcsolatban, nem beszélve arról a közvetlen gazdasági jelentőségről, amelyet a hasadó anyag kutatásánál mutat.

A neutrongenerátor alkalmazásának egyik nagy előnye, hogy biológiailag veszélytelenné teszi a neutronlyukszelvényezési eljárások alkalmazását. Nagy intenzitású monoenergetikus sugárzása az eddig is alkalmazott módszerek — neutron-neutron és neutron-gamma módszerek — értelmezését egyszerűsíti, a vizsgálat alá vont közettér fogatot növeli.

A gyors neutronok regisztrálásán alapuló szelvények indikációit csak a réteg hidrogéntartalma határozza meg. A képződményben végbemenő termikus neutronbefogás nincs hatással a szelvényre, így nem függ a mérés a sótartalomtól. Kedvezően alkalmazhatjuk a módszert porozitás pontos meghatározására, a kőolaj és földgáz kutatásban a tárolók kimutatására akkor is, ha a fúrófolyadék nagy ásványisótartalmú. Hasznos az eljárás az érc- és szénlelőhelyek fúrásai-

nak vizsgálatánál is.

A termikus neutronok regisztrálásán alapuló neutron-neutron karottázs alkalmas a rétegvíz és kőolaj határfelületének közvetlen meghatározására, ha a rétegvíz klórtartalma magas.

Impulzusüzemű neutrongenerátor alkalmazása esetén a neutronimpulzus kibocsátása után a termikus neutronok sűrűsége a diffúziós út és így a hidrogénkoncentráció függvénye. Alkalmasnak ígérkezik a módszer a víz-kőolaj határfelület kitűzésére akkor is, ha a rétegvíz ásványi sóartalma kicsi.

A neutrongenerátor alkalmazása a gammaspektrum felvételével egybekapcsolva különösen nagy jelentőségű az agyagos-homokos képződmények tanulmányozásánál. Az alumínium termikus neutronokkal, a szilícium gyors neutronokkal aktiválás útján mennyiségileg meghatározható. Az oxigén neutron-proton reakcióval 7,5 sec felezési idejű nitrogénné alakul, így impulzusüzemű generátorral az oxigénkoncentráció jól detektálható. Az oxigénkoncentráció változása a szénhidrogének kimutatásánál használható fel, mert környezetükben oxigénhiány mutatkozik.

A rétegsort szükség esetén a ferumtartalommal is jellemezhetjük, mert gyors neutronokkal mangáná aktiválható, bár a 2,5 órás felezési idő gazdaságos alkalmazását esetleg kétségesse teszi. A mangántartalom változását viszont lassú neutronokkal végbemenő aktiválással könnyen kimutathatjuk.

A dolomit a mészkőtől a magnézium aktiválásával különíthető el. Karbonátos kőzetekben a porozitást és áteresztőképességet a folyamatban levő dolomitosodás befolyásolja, így a szénhidrogén előfordulás szempontjából a magnézium és kalcium kimutatása fontos. Megoldható a fel-

adat impulzusüzemű generátor alkalmazásával.

Egyike a legkönnyebben aktíválható elemeknek a fluor és a vanádium. Mélyfúrási vizsgálatainkat nem befolyásolják, mert általában koncentrációik alacsonyak. A foszfor zavaró hatásával bizonyos esetekben számolnunk kell, mert gyors neutronokkal besugározva a szilíciumhoz hasonlóan alumíniummá alakul.

A röviden vázolt vizsgálati lehető-

ségek ezideig csak részben kerültek laboratóriumi körülmények között hazai ellenőrzés alá. Az új nukleáris mélyfúrási geofizikai technika, a gazdaságilag legfejlettebb országokban is kísérleti stádiumban van. Kivitelezése jelentős anyagi áldozatokat követel és nem csekély kutatói kapacitást is igényel. Az elénk táruló széles lehetőség azonban arra készlet, hogy javasoljuk gazdasági vezetőinknek az áldozatok meghozatalát.