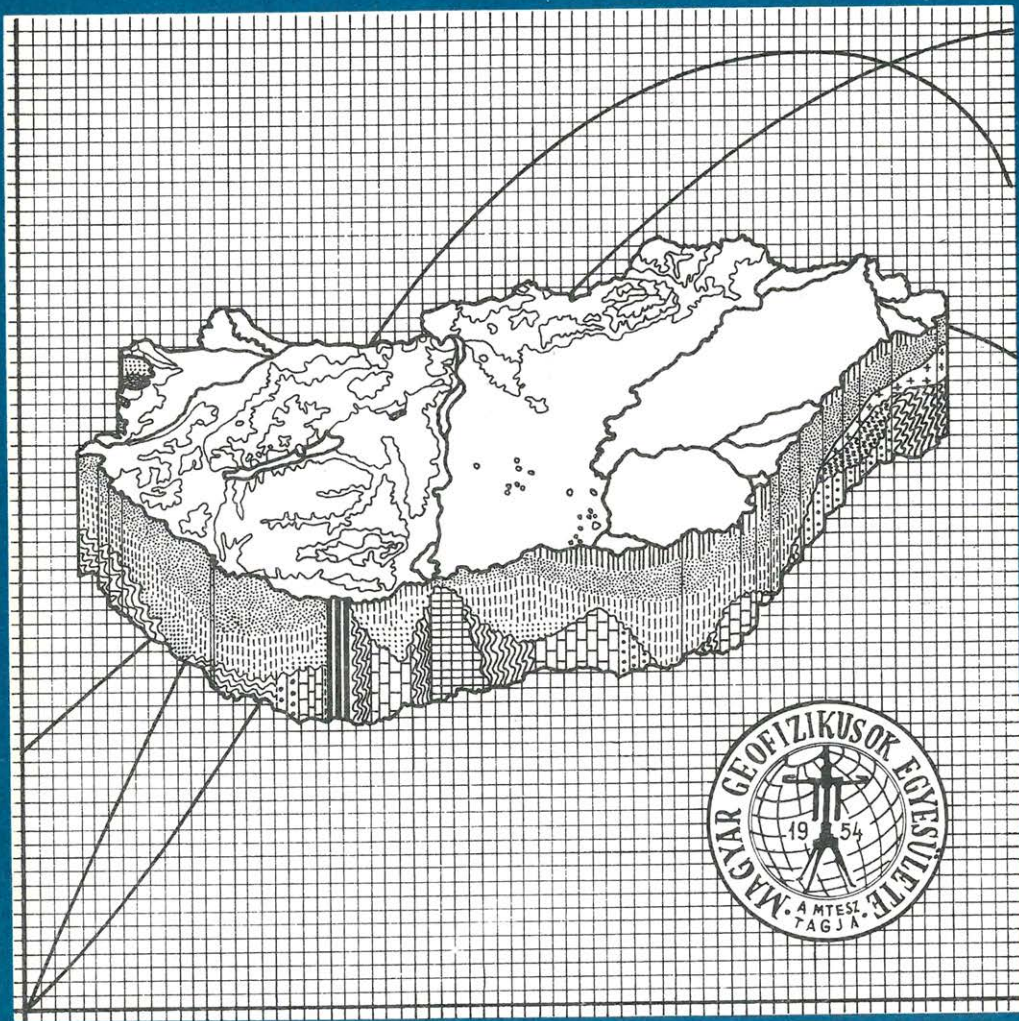


MAGYAR 6 GEOFIZIKA



A MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE FOLYÓIRATA
BUDAPEST, 1980. XXI. ÉVFOLYAM, 6. SZÁM

TARTALOMJEGYZÉK

<i>Glumov I., Kázmér J., Müller P.</i> : R-10 kismámítógépre alapozott navigációs-geofizikai adatgyűjtő és real time feldolgozó rendszer	201
<i>Bodoky T., György L., Jánvári J.</i> : A „látszólagos terítéshossz” szerepe a vibroszeiz mérésnél	208
<i>Landy K.-né, Nagy Z.</i> : Látszólagos magnetotellurikus vezérszint kialakulása a laza üledéksorban	216
<i>Morvai L., Békés T., Renner J., Szentesi J., Szunyogh F.</i> : Röntgenradiometrikus mérési eljárás és műszer alkalmazása a színesércbányászat területén	223
<i>Nagy D.-né, Verőcei J.</i> : Bányakarotázs fejlesztési irányai és eredményei a Mecseki Szénbányáknál	234

Főszerkesztő: Dr. Sebestyén Károly, a MGE társelnöke

Szerkesztő bizottság: Dr. Bencze Pál, Dr. Bodoky Tamás, Czeglédi István, Deres János, Gellért Tamás, Gerzson István, Dr. Horváth Ferenc, Hursán László, Lakatos Sándor, Marton Tibor, Dr. Posgay Károly, Rádlér Béla, Tóth Géza, Dr. Tóth Péter

Szerkesztőség címe: 1368 Budapest VI., Anker köz 1. félelelet 17. Postafiók 240.

R-10-re alapozott navigációs-geofizikai adatgyűjtő és real time feldolgozó rendszer

GLUMOV I., KÁZSMÉR J., MÜLLER P.*

A tengerek és óceánok geofizikai kutatásánál rendkívüli előnyt jelent az expressz adatfeldolgozás közvetlenül a hajó fedélzetén. Az előadás a MARS-2 real time előfeldolgozó rendszert ismerteti. A komplex navigációs, szeizmikus, gravitációs, mágneses geofizikai rendszer adatgyűjtő, feldolgozó funkcióit R 10-es számítógép végzi, amely speciális geofizikai egységekkel egészül ki.

Az ismertett szeizmikus programcsomag lehetővé teszi feldolgozott stacking szelvények azonnali megjelenítését, és ennek alapján a mérési paraméterek flexibilis módosítását. A dolgozat kitér a számítógéppel vezérelt tengeri navigációs megoldásra és kapcsolatára a geofizikai adatgyűjtő-feldolgozó rendszerrel.

Экспресс-обработка данных в реальном масштабе времени непосредственно на борту судна обеспечивает значительное достоинство при геофизическом исследовании морей и океанов. В докладе представлена система предварительной обработки в реальном масштабе времени МАРС-2. Все функции по сбору и обработке данных комплексной навигационной и геофизической системы, в том числе сейсмической и гравито-магнитометрической, выполняются ЭВМ ЕС-1010, оснащенной специальным геофизическими устройствами. Излагаемый пакет сейсмических программ обеспечивает возможность немедленного представления разрезов по данным ОГТ, позволяя упругую модификацию параметров измерения. Обсуждаются вопросы компьютеризированной морской навигационной системы и ее связи с геофизической системой.

On-board real-time data processing facilities have an outstanding role in the geophysical exploration of seas and world oceans. The lecture presents the MARS-2 real-time preprocessing system. All data-acquisition and processing functions of the complex navigational, seismic, gravitational and geomagnetic geophysical system are performed by an ES-1010 computer, equipped by special geophysical units.

A seismic preprocessing program package is presented which is capable to yield immediate plot of the processed CDP results and, thus, is an ideal means for the flexible modification of the measurement parameters wherever required. Special emphasis is given to the solution of computer-controlled navigation, and to its interconnection with the geophysical data acquisition-processing system.

A geofizikai módszerek felbontóképessége és pontossága iránti fokozódó követelmények előtérbe helyezik a terepi gyors kiértékelést és ennek eredményeként nyert földtani információk alapján a felvételi módszertan rugalmas változtatását, optimalizálását. A rohamosan növekvő tengeri nyersanyagkutató programok kedvező területet teremtettek a geofizika számára, ahol fenti eljárások bevezetésének szükségessége (és logikája) megelőzheti a szárazföldi kutatásokat és úttörő szerepet játszhat elterjesztésükben. A tengereken – méginkább mint a szárazföldeken – a központosított számítógépi feldolgozás megfosztotta a fedélzeti geofizikusokat a primér információk földtani értékének megítélésétől és a felvételi módszerek, paraméterek optimalizálási lehetőségétől. A felvétel és a végleges számítógépi feldolgozás közötti idő hónapokat is kitehet. Ennek gyakori következményei a szeizmogeológiai viszonyokat figyelmen kívül hagyó felvételezés és a földtani szerkezeteknek nem megfelelően telepített szelvényhálózat. A selfek vagy a kontinentális lejtők helyes geofizikai kutatási módszertana megkívánja a gyorsan változó földtani felépítés figyelembe vételét.

A fedélzeti real time előfeldolgozó rendszerek fejlesztése költséges, összetett feladat, amelyet célszerű összekötni a tengeri geofizikai kutatás más fontos

* Glumov I. Juzsmorgeológija; Kázmér J. Videoton; Müller P. ELGI.

technológiai, műszeres és navigációs problémáinak megoldásával. Végeredményben valamennyi törekvés a tengerkutatás földtani hatékonyságának növelésére irányul, és ebben a legfontosabb aktuális feladatok a következők:

- a kutatások felbontóképességének és a földtani szerkezeti információk megbízhatóságának javítása;
- a kutatási mélységtartomány növelése;
- a termelékenység és a tengeri geofizikai adatok minőségének javítása.

A fenti feladatok lehetséges megoldásainak analízise feltárta azokat az alapvető tényezőket, amelyek végül is meghatározták az új tengerkutatási rendszerünk felépítését. Ezek a következők:

- a geofizikai felvételi technika folyamatának és ellenőrzésének az automatizálása;
- az összegzett geofizikai (szeizmikus) adatok szelvényyszerű real time megjelenítése, lehetőség szerint számítógépen feldolgozott adatok alapján;
- a számítástechnika által biztosítható új kutatási és feldolgozási eljárások bevezetése;
- a vontatott érzékelőrendszer zajnívójának csökkentése, érzékenységének és zajvédelmének növelése 5–6 bal hullámszámig;
- nagypontosságú, automatizált navigációs rendszer kialakítása, a geofizikai mérések megbízhatóbb bekötésére és az éjjel-nappali észleléshez;
- a geofizikai csatornaszám és az érzékelők számának növelése;
- hajósebesség növelése 6–7 csomóig;
- nagyerejű és vezérelhető rugalmas hullám-források alkalmazása.

Mindezekhez hozzájárul a komplexitás követelménye, hogy egyidőben szeizmikus, gravitációs és mágneses méréseket is lehessen végezni és valamennyi adatot azonnal feldolgozva a szelvény mentén megjeleníteni. Analízisünk oda vezetett, hogy valamennyi szempontot figyelembe venni és felhasználni a tengerkutatási geofizika földtani hatékonyságának a növeléséhez, csak egy teljesen számítógépesített, automatikus adatgyűjtő és feldolgozó fedélzeti rendszer egyidejű bevezetésével lehetséges. Kulcskérdés volt a megfelelő számítógép megválasztása, amely méreteiben illeszkedik a szűk hajótér fogathoz, ugyanakkor sebessége, perifériaválasztéka alapján alkalmas a követelmények kielégítésére. A magyar Videoton R-10 számítógép bizonyult a legmegfelelőbbnek erre a célra a rendelkezésünkre álló számítógépek közül. Így szovjet–magyar tudományos-műszaki együttműködés* és az „Intermorgeo” keretében 1976-ban megkezdődhetett a „MARS”-rendszer létrehozása. A fejlesztő munkák sikerrel jártak és eddig már több hajót felszereltek a rendszerekkel, többek között az Isszledovatyelt, a Kurencovot, a Feodosziát, amelyek eredményesen végeznek a tengeren komplex geofizikai kutatásokat. A rendszer képe az 1. ábrán látható.

A MARS rendszer az automatizált navigációs-geofizikai fedélzeti rendszerek hierarchiájában magasabb rendű fokozatot képvisel, minthogy az adatgyűjtés és késleltetett előfeldolgozás mellett megoldja a real time geofizikai expressz adatfeldolgozást is. A MARS-2 változat fejlesztési programja felöleli a különleges geofizikai hajó létrehozását, az integrált navigációs berendezést, a szeiz-

* A programban résztvevő magyar intézmények: Videoton, ELGI, MOM; szovjet intézmények: NPO Juzsmorgeo, PO Juzsmorgeologija, OKB VT RRTI.

mikus real time rendszert, a gravi-mágneses egységeket, az $R-10$ számítógép-központ speciális geofizikai perifériáit és a geofizikai, illetve navigációs software fejlesztést.

Konstruktív vonatkozásban a MARS modulrendszerben épült, így biztosítva van a további bővítése és adaptáció a tengeri geofizikai munkák követelményeinek megfelelően (2. ábra).

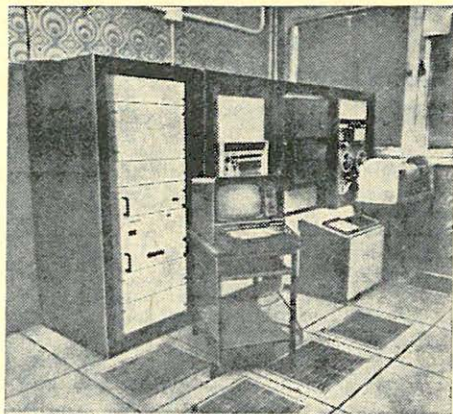
A navigációs rendszer ugyancsak $R-10$ számítógépre épül. A hajón funkcionáló számítógépek azonos típusa megkönnyíti a szervizt és a tartalékalkatrész utánpótlást. Az integrált navigációs rendszer tartalmazza a digitális fogadó

indikátorokat a rádió navigációs és radiogeodéziai hálózathoz, a szputnyik fogadóindikátorát, a doppler sebességmérőt, normál sebességmérőt, girokompaszt, girokormányt. A programrendszer biztosítja valamennyi navigációs adat gyűjtésének vezérlését és optimalizált feldolgozását Kálmán-szűrők algoritmusainak felhasználásával, a hajó mozgási paramétereinek kiszámítása és mágnesszalagra rögzítése céljából. A kapott navigációs adatok segítségével a hajó irányítása automatikusan történik a megadott program szerint. A navigációtól kapja a vezérlő jeleket a szeizmikus fedélzeti rendszer is a megválasztott észlelési paraméterek ciklusidőinek megfelelően. A software struktúráját a 3 műszakos komplex tengerkutató rugalmas követelményrendszereinek megfelelően alakították ki.

Mivel a szeizmikus központ terhelése lényegesen nagyobb, a gravitációs és mágneses adatok gyűjtését, feldolgozását a navigációs számítógépre terelték. A fedélzeti gravitációs műszeregység ($GNGKA-2$) párosával elhelyezett $GAK-ZS3$ asztaltizált, folyadékokkal telített gravimétereiből és girostabilizált platformból áll. A gravitációs anomáliák meghatározásának összegzett zárási pontossága egy 3–5 napos mérés sorozat után ± 1 mgal. A gravitációs mérési adatok egy interface-en keresztül közvetlenül a navigációs gépbe jutnak és az adatokat azonnal feldolgozzák a friss navigációs adatok figyelembe vételével, majd grafikusán is nyomtatva is megjelenítik az eredményeket.

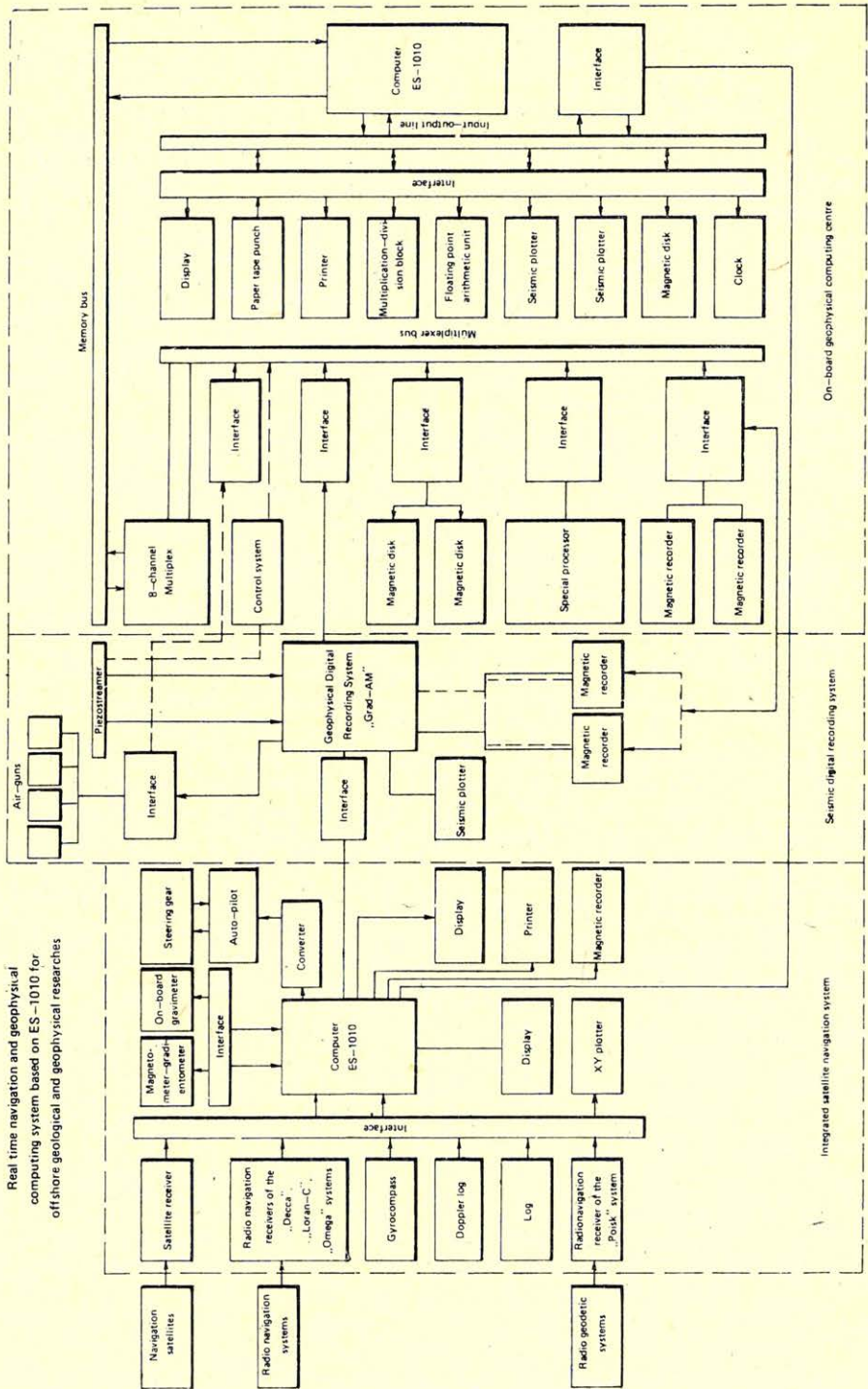
A fedélzeti mágneses műszerek egyrészt kvantum gradienmérő magnetométerek ($KMMG-1$) másrészt tengeri protonprecessziós magnetométerek ($MMP-2$). A proton műszer szondája vontatott gondolában van elhelyezve, mérési tartománya átfogja az összes szélességet; a regisztráló fokozat a fedélzeten van. A gradienmérő $\pm 0,02$ gamma pontossággal méri a mágneses teret, a horizontális gradienst pedig $10^{-2}-10^{-4}$ gamma/m-el, az érzékelők bázistávolsága függvényében. A mágneses adatok gyűjtésének, feldolgozásának az útja hasonló a gravitációs adatokéhoz.

A fedélzeti geofizikai központ feladata a nagy sebességgel áramló szeizmikus adattömeg kezelése és real time előfeldolgozása a rezgéskeltések 18–24 sec-os szüneteiben. A feladat csak megfelelő memóriaosztással és a kulcsperifériák autonóm vezérlésével oldható meg; mivel az operatív memóriát meghaladó adattömböket kell nagy sebességgel továbbítani, miközben a központi proceszor egyéb feladatokat is végez. Ezért a számítógépet $DM A$ -val látták el, amely-



1. ábra Puc. 1. Fig. 1.

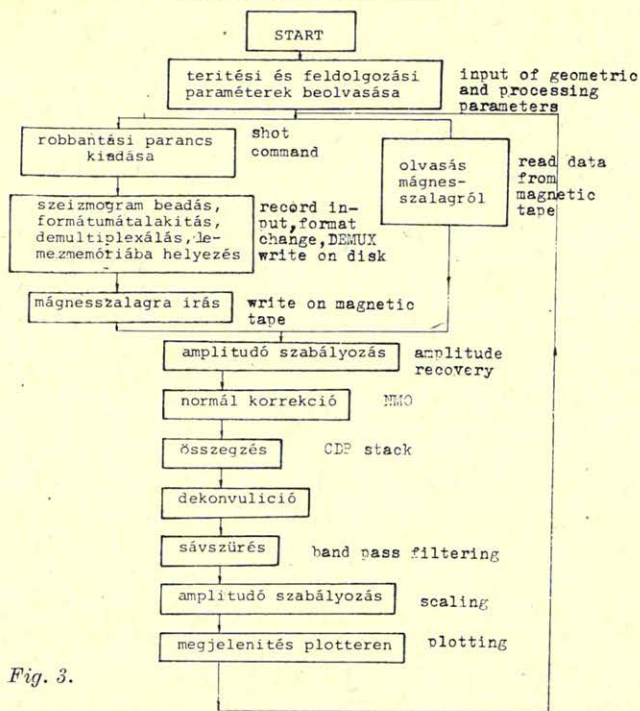
Real time navigation and geophysical computing system based on ES-1010 for offshore geological and geophysical researches



2. ábra Puc. 2. Fig. 2.

GEO

Real time tengeri előfeldolgozó rendszer
 folyamatábrája
 Flow-chart of the marine preprocessing system



3. ábra Puc. 3. Fig. 3.

Geo 80/14-3

nek 8-csatornás multiplexére illesztették az alábbi egységeket, prioritásuk sorrendjében:

- lemezzmemória,
- szeizmikus felvevő műszer,
- mágnesszalagos adathordozó,
- speciális array processzor.

A szabad DMA csatornák további lehetőséget adnak több processzor összekötésére egy hierarchikus rendszerben, pl. sebességanalízis elvégzéséhez, vagy újabb adapterek csatolására.

A speciális processzor a szeizmikus real time feldolgozás sebességdefektusát oldja fel. A gép bázis processzorát csak az adattovábbítás időtartamára veszi igénybe, egyébként műveleteit saját gyors 16 K szavas félvezetős operatív tájában oldja meg, de lehetőség van részműveleti eredmények lebegőpontos tárolására is 1 K szó terjedelemtig. Egy szorzás + összeadás ciklusideje 250 nsec. A hagyományos matematikai műveleteken kívül néhány geofizikai műveletet elektronikai úton közvetlenül hardware-rel old meg (dinamikus korrekciók, átlagolás stb.).

A speciális processzor leggyakrabban használt algoritmusai az alábbiak:

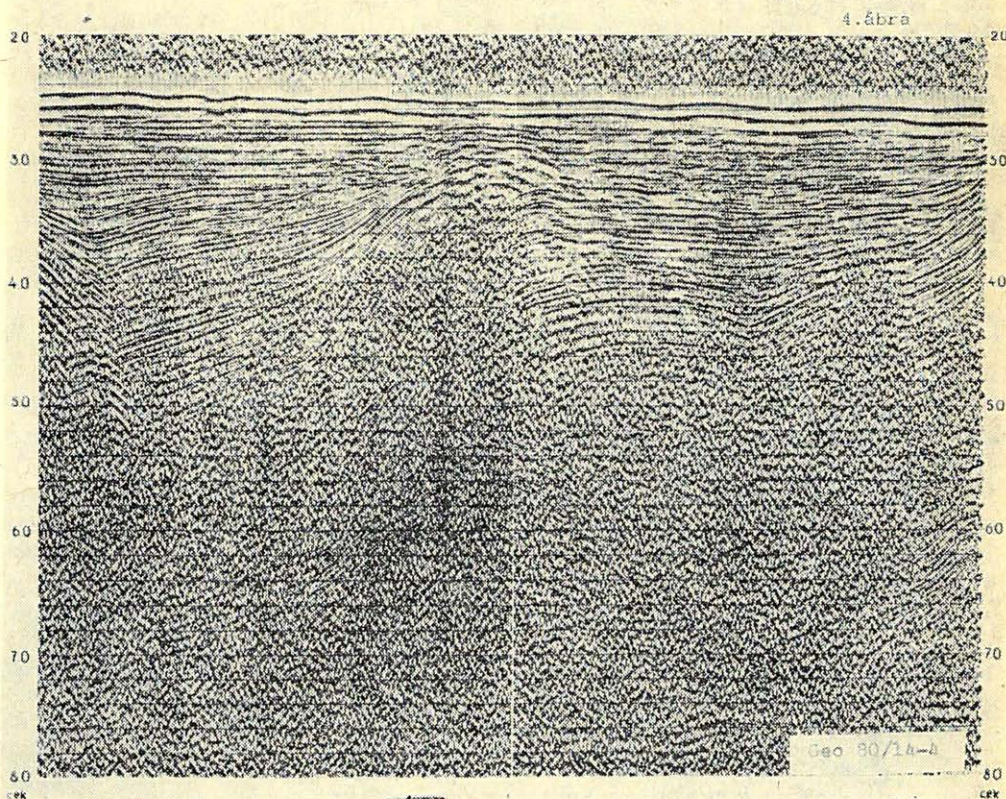
- számtani középárayos számítás,
- dinamikus korrekció beadása, adott sebességfüggvény szerint,
- lebegőpontról fix pontra alakítás,

- konvolúció végzése diszkrét függvényekkel,
- rekurzív szűrés végrehajtása,
- adattömbök átvitele,
- skálázás, stb.

A szeizmikus felvevő műszer formátum átalakítása lebegőpontos 4 byte-os alakra egyidejűleg történik a demultiplexálással és az adatok csatornafolytonosan kerülnek lemezmemóriába.

A szeizmikus plotter dobtípusú normál papírra ír, kiiktatva az optikai plotterek előhívási proceduráit. A plotter rezgő nyelve 5 kHz frekvencián $0,15 \times 0,2$ -es, pontszerű digitális ábrázolást ad. Saját belső 3 Kbyte belső memóriája segítségével megoldja az autonóm szelvénykiírást. A kiírási módok megfelelnek a szeizmikus szelvényírásban általában használatos normáknak (változó terület, hullámírás, kombinatív formák). Az írás pontossága 0,1 mm. A szeizmikus plotter színes plotterként is használható többfejes változatban. Ezt elsősorban a késleltetett előfeldolgozási üzemmódban célszerű használni, amikor a hajó vihar, kikötés, stb. miatt éppen nem szelvényez. Az energia vagy frekvencia szerinti szelvények nagy dinamikája kitűnő információkat szolgáltat a tengeri szeizmikus adatok tényleges amplitúdóviszonyairól.

Az időszelvények real time előállítási programcsomagja a 3. ábrán feltüntetett fontosabb műveleteket tartalmazza.

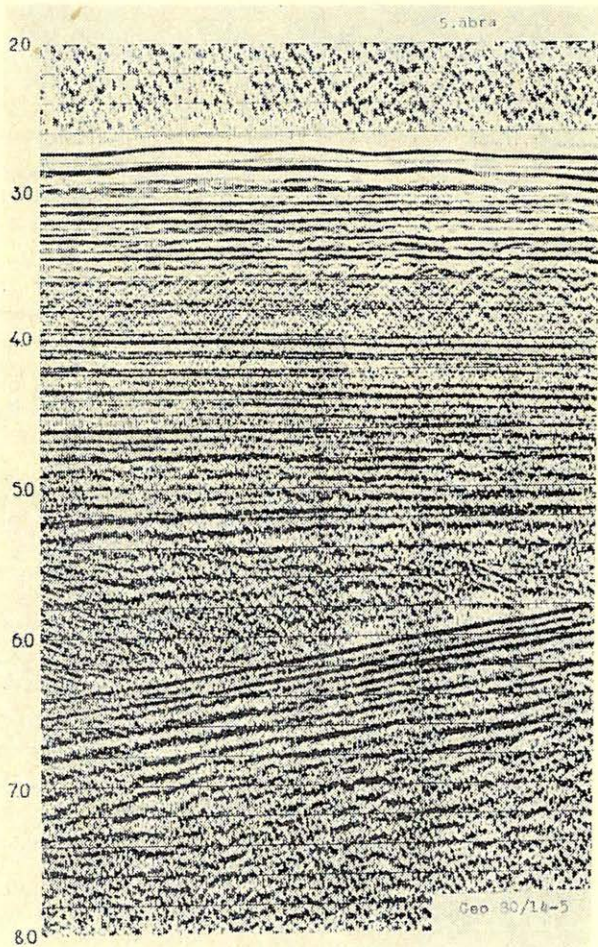


4. ábra Puc. 4. Fig. 4.

A bemutatott real time adatgyűjtés és feldolgozás általában 20 sec-ot vesz igénybe. Bemenő adatainak mintavételezési köze 4 msec. Az expressz szelvény-szerkesztés történhet valamennyi összegesatorna megjelenítésével vagy csak egyes kiválasztott csatornák ábrázolásával (4., 5. ábra).

A mérések és a feldolgozás összes paramétereiről, ezek változtatásáról vagy egyéb eseményekről, hibákról a programrendszer protokolt készít gyorsnyomtatón. Magát a geofizikai rendszert műszerenként egy észlelő szolgálja ki, napi termelékenysége pl. 12-szeres stacking üzemben elérheti a 200 km-t. A MARS rendszer technikai-gazdasági mutatói megfelelnek a világon alkalmazott egy-két hasonló rendszernek, pl. Holis – Hedberg, Gulfrex.

A real time előfeldolgozó rendszer család első generációjának sikere és tapasztalatai alapján a programban résztvevő intézmények felkészültek a generációváltásra, amelynek bázis számítógépei az R – 11-es Videoton gépek lesznek. Az áttéréssel egyidőben korszerűsíteni fogják a speciális geofizikai műszereket és perifériákat is, hogy az egész rendszer megfelelhessen a tengerkutató fokozott geofizikai követelményeinek.



5. ábra Puc. 5. Fig. 5.

A „látszólagos terítéshossz” szerepe a vibroszeiz méréseknél

BODOKY TAMÁS, GYÖRGY LAJOS, JÁNVÁRI JÁNOS

A dolgozat a sekélyreflexiók vibroszeiz mérések módszertani nehézségeit és a nehézségek megoldására kidolgozott terítési rendszert tárgyalja. A leírt oldal offsetes keresztcsoportosításos terítési rendszer hatásosságát összehasonlító szelvénypéldákon mutatja be.

В работе обсуждаются методические трудности неглубоких вибросейсмических работ по МОВ и разработанная для устранения этих трудностей схема расстановки сейсмоприемников. Эффективность описанной схемы поперечного группирования с боковым выносом иллюстрируется на примерах сравнительных разрезов.

Difficulties of shallow reflection vibroseis measurements, and a special spread designed to eliminate them are discussed. Examples are shown, which give comparison between time sections measured by conventional in-line offset spread and by the proposed „broadside T cross” spread.

Az elmúlt években a kőolaj árának gyors emelkedése miatt a figyelem ismét egyre inkább a szénbányászat felé fordult. Ennek hatására a szénbányászat egyre növekvő volumenben, egyre drágább módszerek és eszközök bevetésével is igényli a felszíni geofizikai kutatásokat, elsősorban a szeizmikát. Így került sor a vibroszeizmika alkalmazására a szénbányászati kutatásokban, főleg olyan területeken, ahol vagy nem lehetett más módszert használni (pl. települések), vagy más módszerek alkalmazása igen költséges lett volna.

A vibroszeizmika, mint ismeretes, nagymélységű kutatásokra kidolgozott eljárás, szénbányászati sekélyreflexiók célokra (0-tól kb. 600 m-ig) történő alkalmazása módszertani nehézségeket vet fel. A nehézségek oka, hogy a vibroszeiz terítési technikája különbözik a hagyományos robbantásos mérések terítési technikájától:

1. a vibroszeizmikában nemcsak a felszíni zavarhullám, hanem az első beérkezések csillapítására is méretezzük a forrásponti és geofoncsoportosításokat,
2. a vibrátorok saját zaja miatt a forráspont csak a terítésen kívül helyezhető el. (Tapasztalatunk szerint a megengedhető minimális forrásponti távolság 120–150 m.)

Nézzük, mit jelent az első pont. Ezt legegyszerűbben a frekvencia-hullámszám síkon vizsgálhatjuk. Itt a vibrojel alsó és felső frekvenciahatárai (f_1 és f_2), valamint az alkalmazott forrásponti és geofoncsoportosítások átvitelének felső hullámszámhatára (K_{\max}) egy négyszöget, mérőrendszerünk átviteli tartományát zárják körül (1. ábra).

A frekvencia hullámhossz ($f - k$) síkon a beérkezések látszólagos sebességét (u) a következő összefüggés írja le:

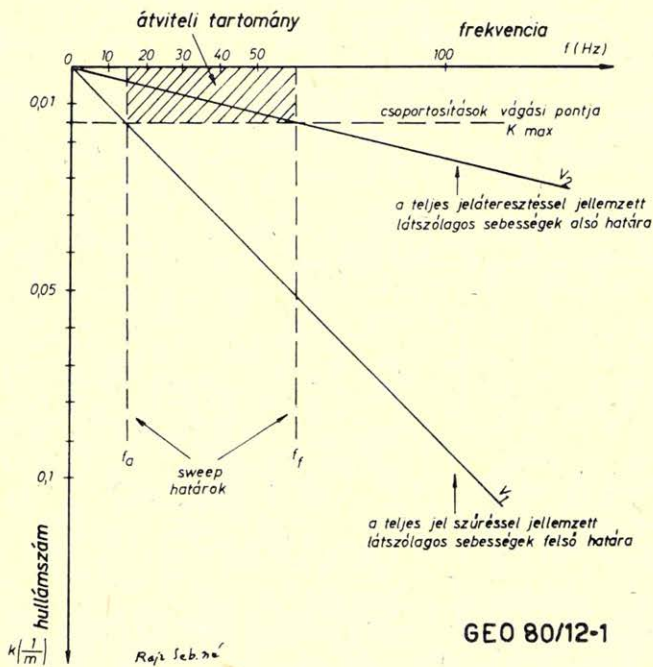
$$u = \frac{f}{k} \quad (1)$$

Ahhoz, hogy mérőrendszerünk egy beérkezést teljes egészében átengedjen, az szükséges, hogy a beérkezés látszólagos sebességét reprezentáló egyenes a vibrojel frekvenciahatárai között végig az átviteli tartományon belül maradjon. Fordítva, egy beérkezést mérőrendszerünk akkor szűr ki teljesen, ha látszólagos

sebességének olyan egyenes felel meg, amely nem halad át az átviteli tartományon. Így a beérkezéseket három csoportra oszthatjuk, a teljesen átengedett, a részlegesen szűrt – torzult – és a teljesen szűrt beérkezések csoportjára. Az első két csoportot a teljes átérésztéssel jellemzett látszólagos sebességek alsó határa (u_1), a második és harmadik csoportot pedig a teljes szűréssel jellemzett látszólagos sebességek felső határa (u_2) választja el. Ezekre felírhatjuk a következő összefüggéseket:

$$u_1 = \frac{f_2}{K_{\max}}; \quad u_2 = \frac{f_1}{K_{\max}} \quad (2)$$

A felírt összefüggésekből számszerűen is megadhatjuk, hogy milyen látszólagos sebesség különbségnek kell fennállnia hasznos beérkezéseink és az első



1. ábra. A vibroseis mérőrendszer átvitelének sémája

Рис. 1. а-б. Схема области передачи вибросейсмической системы в пространстве частоты и волнового числа

Fig. 1. Transmission scheme of the Vibroseis measuring system

beérkezések között ahhoz, hogy az utóbbiakat az előbbieket torzítása nélkül szűrjessük. Két oktávus vibrojelet tételezve fel ($f_2 = 4f_1$)

$$\frac{u_{\text{reflexió}}}{u_{\text{első beérk.}}} = \frac{u_1}{u_2} = \frac{f_2}{f_1} = 4. \quad (3)$$

Ez a követelmény a nagymélységű méréseknél a reflexiók hiperbolák ismert viselkedése következtében könnyen teljesíthető. A sekély tartomány felé haladva azonban a látszólagos sebesség a forráspont-geofon távolság függvényében

egyre gyorsabban csökken. Azt a forráspont-geofon távolságot (x), amin túl az első beérkezések és a hasznos jelek látszólagos sebességeinek aránya már nem tesz eleget a (3) összefüggésnek a megengedhető maximális forrásponti távolságnak (x_{\max}) tekintjük.

Adott kutatási területen, ha ismert a sebességfüggvény, az x_{\max} a kutatási mélység függvényében számítható. A számítás egyszerűsödik, ha a dőléseket figyelmen kívül hagyjuk, ekkor a jól ismert

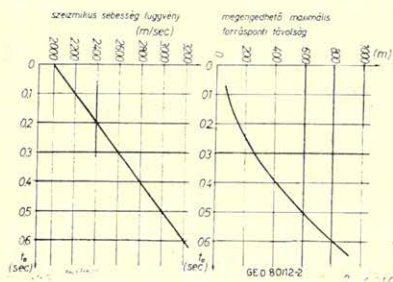
$$(tv)^2 = (2h)^2 + x^2$$

egyenlőségből kiindulva, ahol a t a beérkezési időt, h a reflektáló szint mélységét és a v a h mélységhez tartozó átlagsebességet jelöli, egyszerű számítással a következő összefüggéshez jutunk

$$u(x) = \frac{v(h)}{2 \partial X(x, h)} \quad (4)$$

ahol
$$\partial X(x, h) = \frac{1}{2} \frac{\partial(tv)}{\partial x} = \frac{x}{2} (4h^2 + x^2)^{-1/2}$$

∂X értékeit az $x-h$ síkon kiszámítva és diagramszerűen ábrázolva a (4) egyenletből x_{\max} egyszerűen meghatározható.



2. ábra. Egy sebességfüggvény és a hozzá tartozó megengedhető maximális forrásponti távolságok görbéje

Рис. 2. Обычная скоростная колонка и кривая допустимого максимального расстояния между точками возбуждения и приема в зависимости от вертикального времени

Fig. 2. A velocity function and the curve of admissible maximum source point distances belonging to it

2. ábránk egy átlagos sebességfüggvényt és a hozzá tartozó x_{\max} függvényt ábrázolja. Látható, hogy az x_{\max} a kutatási mélység növekedésével gyorsan nő, de a szénbányászati kutatásoknak megfelelő mélységben még igen rövid. Különösen rövid, ha a vibroszeizmikus terítési technika második sajátosságát is figyelembe vesszük. Ez azt mondja ki, hogy a vibroszeizmikában csak külsőlövéses, 120–150 m minimális offsetű rendszerekkel dolgozhatunk.

A megengedett minimális és megengedett maximális forrásponti távolság különbsége adja a lehetséges terítéshosszat, ami gazdaságossági szempontból a tárgyalt mélységtartományban rendszerint irreálisan rövid. Így választanunk kell a túl rövid terítésekkel végzett drága mérések, illetve a zajos vagy torzult csatornákkal terhelt hosszabb terítésekkel végzett olcsóbb mérések között.

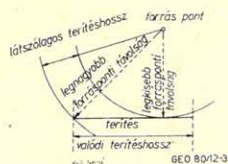
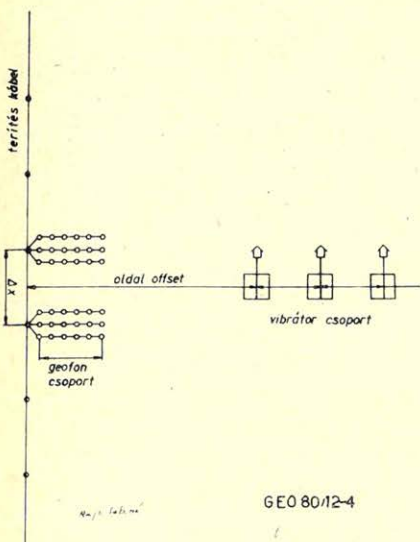
A probléma megoldását a gazdaságosságot meghatározó valódi terítéshossz és a felvételek minőségét meghatározó „látszólagos terítéshossz” megkülönböztetése jelenti. A kétféle terítéshossz csak hagyományos, vonalban elhelyezett forráspont esetén azonos. Ha a forráspont nem a terítés vonalába esik, akkor a forráspont-hoz legközelebb és attól legtávolabb eső csatorna forrásponti távolságai-

nak különbsége, amit „látszólagos terítéshossznak” nevezünk, rövidebb, mint a valódi terítéshossz. Egy meghatározott minimális forrásponti távolság mellett a látszólagos terítéshossz akkor legrövidebb, ha a forráspontot a terítésközépre merőlegesen irányban helyezzük el.

A 3. ábra az oldalra kihelyezett forráspont helyzetét és a látszólagos terítéshossz fogalmát mutatja be vázlatosan. Oldalt kihelyezett forráspontok alkalmazásával a valódi terítéshosszak változtatása nélkül is jelentősen csökkenthető a forrásponti távolságok. Pl. egy 15 m-es geofontávolságú és 120 m-es offsetű terítés legnagyobb forrásponti távolsága 465 m-ről 210 m-re csökken, ami 2. ábra x_{max} görbéje szerint kb. 600 m-ről 300 m-re csökkenti az első torzításmentesen kutatható szint mélységét.

A terítésközépre merőlegesen kihelyezett forráspont megváltozott helyzetének megfelelően a geofon és vibrátor csoportosítások irányát is változtatni kell. Ezeket a terítéshez képest keresztbe fordítottuk, így alakult ki a 4. ábrán bemutatott speciális sekély reflexiós vibroseizmikus terítési rendszer az ún. „oldal-lövéses keresztcsoportosításos rendszer.”

5. és 6. ábránk két azonos nyomvonalon mért szelvényszakaszt mutat be, az 5. ábrán látható szelvényt a szokásos egyirányú külső lövéses rendszerben, a 6. ábrán látható szelvényt az itt leírt oldallövéses keresztcsoportosításos rendszerben mértük. A szelvénypár annak ellenére, hogy mérési paraméterei a terítési rendszertől eltekintve sem voltak teljesen azonosak, jól illusztrálja azt a nagyarányú jel-zaj viszony javulást, amit a látszólagos terítéshossz összehúzásával el lehetett érni. A 7. és 8. ábránkon egy másik keresztterítési rendszerben mért szelvényszakasz szélessávú és magasfrekvenciásan sávszűrt változatait mutatjuk be ugyanarról a területről. A szelvényeken látható, hogy a kis látszólagos terítéshosszú oldallövéses keresztcsoportosításos rendszer a vibrojel magasfrekvenciás komponenseit is jól átviszi, amit a hagyományos megoldás mellett hasonló terítéshosszakkal nem is remélhetünk, mert a geofon és vibrátor csoportosítások kompromisszumos méretezésének az 1. ábra szerint elsősorban a magasfrekvenciás komponensek esnek áldozatul.



3. ábra. A látszólagos terítéshossz fogalma

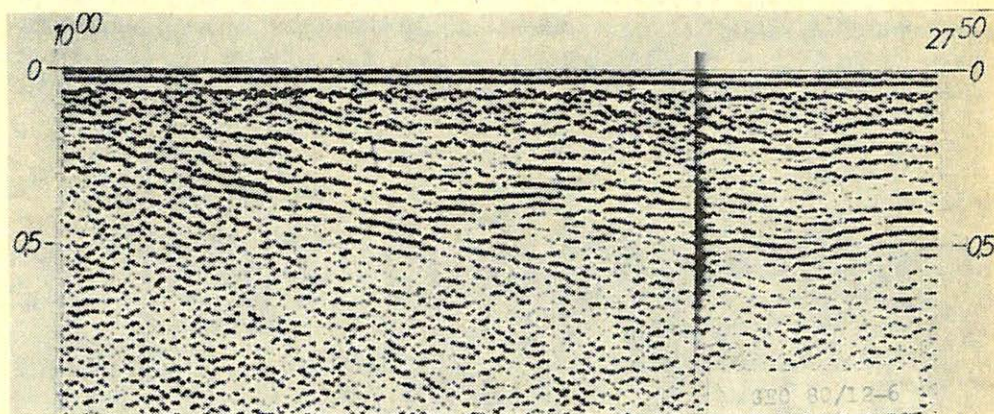
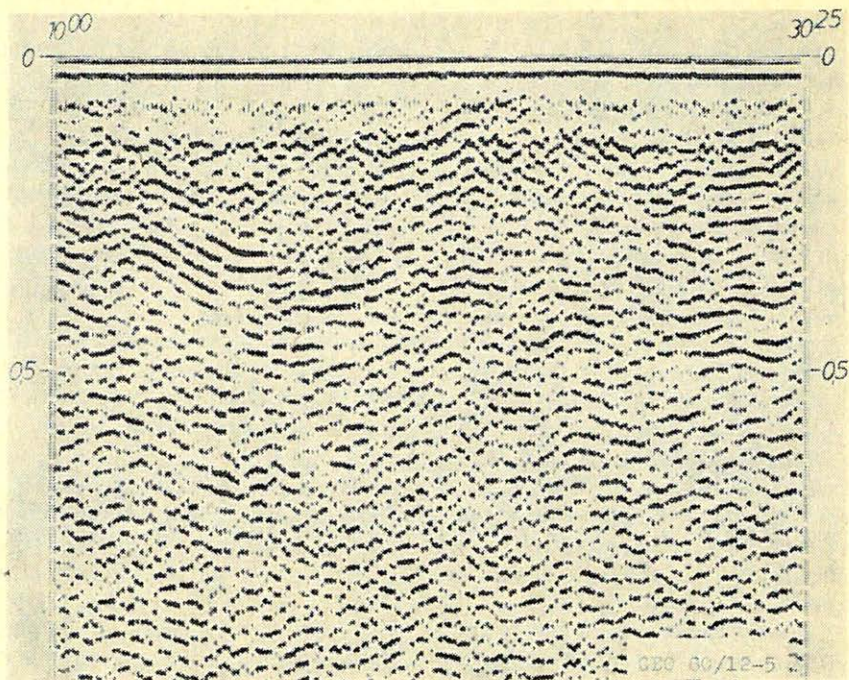
Рис. 3. Схема понятия кажущейся длины установки

Fig. 3. The concept of apparent spread length

4. ábra. Az oldallövéses keresztcsoportosításos terítési rendszer

Рис. 4. „Боковая крестовая” система наблюдений для мелкоглубинных вибросейсмических измерений

Fig. 4. Side-shot cross-grouping spread system



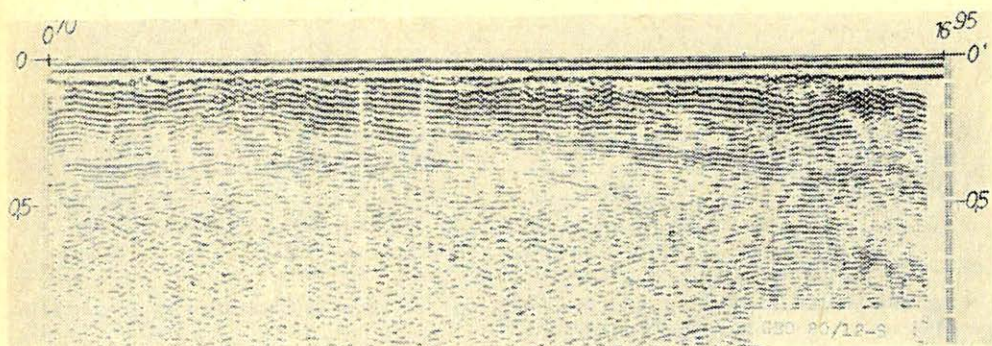
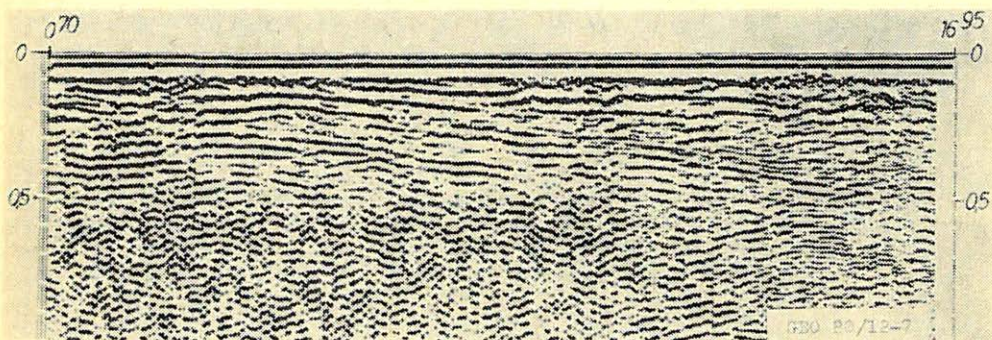
5-6. ábra. Sekélyreflexiós vibroseisz szelvények összehasonlítása (5. ábra: egyirányú külsőlövéses terítési rendszer, vibrojelel: 90-30 Hz/14 sec, Δx : 25 m, offset: 75 m; 6. ábra: oldallövéses kereszt-csoportosításos terítési rendszer, vibrojelel: 25-100 Hz/14 sec, Δx : 15 m, oldal-offset: 200 m)

Рис. 5-6. Сопоставление мелкоглубинных вибросейсмических разрезов, полученных по фланговой с выносом и боковой, крестовой системам наблюдений (рис. 5: 90-30 Гц/14 сек, Δx = 25 м, вынос = 75 м; рис. 6: 25-100 Гц/14 сек, Δx = 15 м, вынос = 200 м)

Figs 5-6. Comparison of shallow-reflection Vibroseis profiles (Fig. 5.: conventional in-line offset and broad-side, T cross spread, sweep: 90-30 cycle/14 sec, Δx : 25 m, offset: 75 m; Fig. 6.: sideshot crossgrouping soread system, sweep: 25-100 cycle/14 sec, Δx : 15 m, side-offset: 200 m), side-offset: 200 m.

Kísérletet tettünk az oldallövéses keresztcsoportosításos rendszerrel a mély reflexiók kutatásában is olyan területen, ahol minden korábbi szeizmikus mérés kudarcot vallott. A területet, amelyet szeizmikusan néma zónaként tartanak számon, rendkívül erős felszíni zavarhullámok és igen gyenge reflexiók energia jellemzi. A terület jellemző jel-zaj viszonyait a 9. ábra sematikus képe mutatja be a $t_0 - x$ (kétszeres vertikális idő – forrásponthoz távolság) síkon. Az ábrán látható, hogy a kis forrásponthoz távolságú csatornákon a felszíni zavar energia uralkodik és ez olyan erős, hogy még a csoportosításokkal szűrve is elnyom minden hasznos energiát, a nagy forrásponthoz távolságú csatornákon viszont a rendezetlen zaj dominál. A két eltérő zajtípus zónája között egy keskeny sávon mérhető energiával jelentkeznek ugyan a reflexiók, de ez a sáv olyan szűk, hogy a szokásos geofontávolságok mellett mindössze 3–4 csatorna eshet a terítésből ide.

A bemutatott terítési rendszerrel sikerült a látszólagos terítéshosszat annyira csökkenteni (1000 m-es oldal offset alkalmazásával 1150 m-ről 154 m-re),

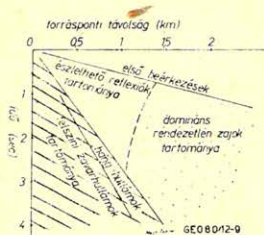


7–8. ábra. Oldallövéses keresztcsoportosításos terítési rendszerben mért sekélyreflexiók vibroseis szelvény (7. ábra: szélessávú változat, 8. ábra: 40–80 Hz-es sávszűrés. Vibrojel: 25–100 Hz/14 sec, Δx : 15 m, oldal-offset: 200 m)

Рис. 7–8. Два варианта мелкоглубинного вобросейсмического разреза, измеренного по боковой, крестовой системе (рис. 7: широко-полосная фильтрация; рис. 8: 5-полосная фильтрация 40–80 Гц)

Figs. 7–8. Shallow-reflexion vibroseis profile measured in side-shot crossgrouping spread system (Fig. 7.: broad-side variant; Fig. 8.: Broad-band filtering. Sweep: 25–100 cycle/14 sec, Δx : 15 m, side offset: 200 m.)

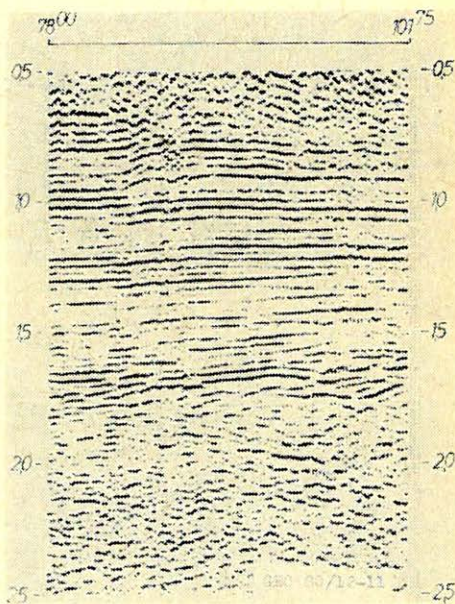
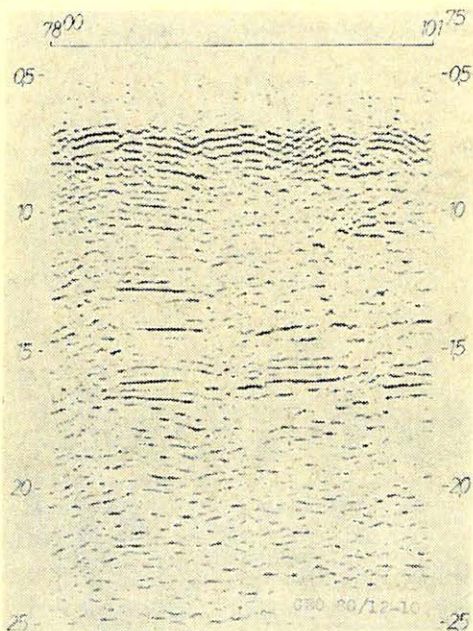
hogy a teljes terítés belefért a mérhető reflexiók keskeny sávjába. 10. ábránkon egy 24-szeres fedésű hagyományos terítés rendszerben mért szelvényszakasz látható, 11. ábránkon ugyanezt a szakaszt mutatja 12-szeres oldallövéses keresztsoportosításos terítési rendszerben újramérve. Az ábrák jól illusztrálják, hogy a fedés szám csökkenése ellenére a jel-zaj viszony hogyan javul a látszólagos terítéshossz csökkentésének eredményeként.



9. ábra. A kísérleti terület zajviszonyainak vázlata

Рис. 9. Схема условий помех в сейсмически немой зоне

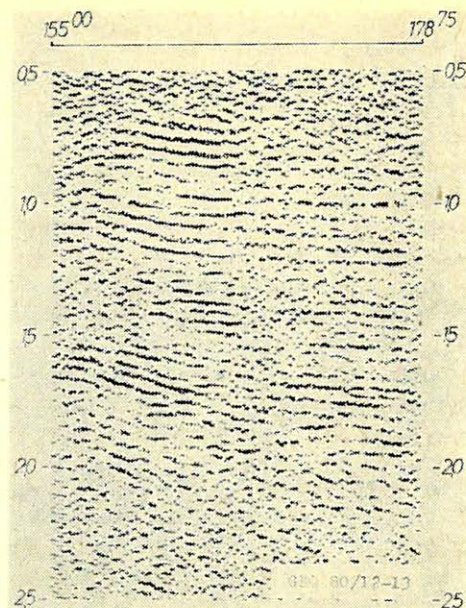
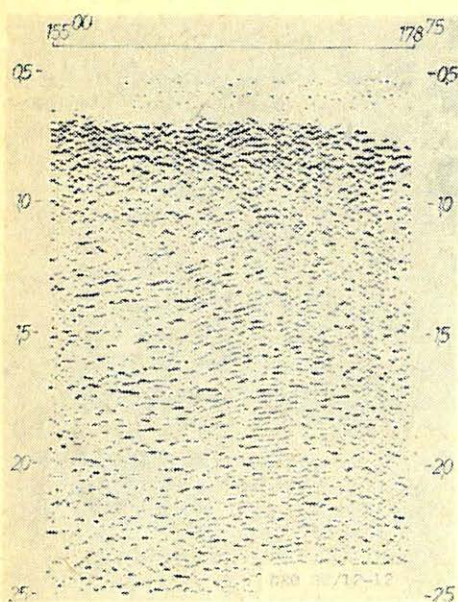
Fig. 9. Sketch of noise conditions of the experimental area



10–11. ábra. Egyirányú külsőlövéses és oldallövéses keresztsoportosításos terítési rendszerek összehasonlítása ugyanazon a nyomvonalon. (A hagyományos rendszerben mért szelvény 24-szeres fedésű, offset: 300 m, az oldallövéses 12-szeres fedésű, oldal-offset: 1000 m, egyébként minden más mérési paraméter megegyezik, vibrojel: 16–64 Hz/10 sec, Δx : 50 m)

Рис. 10–11. Сопоставление участков разреза, измеренного по обычной и боковой, крестовой системам (рис. 10 : 24-кратное перекрытие; рис. 11: 12-кратное перекрытие; другие параметры измерения неизменные)

Figs. 10–11. Comparison of spread systems with in-line outer-shot and side-shot crossgrouping on the same trace-line. (The profile measured in conventional system is of 24-fold coverage, offset: 300 m; that one with side-shot is of 12-fold coverage, offset: 1000 m, otherwise all other measuring parameters are the same, sweep: 16–64 cycle /10 sec, Δx : 50 m.)



12–13. ábra. Egyirányú külső lövéses és oldallövéses keresztsoportosításos terítési rendszerek összehasonlítása ugyanazon a nyomvonalon. (A hagyományos rendszerben mért szelvény 24-szeres fedésű, offset: 300 m, az oldallövéses rendszerben mért 12-szeres fedésű, oldal-offset: 1000 m, egyébként minden más mérési paraméter megegyezik, vibrojel: 16–64 Hz/10 sec, Δx : 50 m).

Рис. 12–13. Сопоставление участков разреза, измеренного по обычной и боковой, крестовой системам (рис. 12 : 24-кратное перекрытие; рис. 13 : 12-кратное перекрытие; другие параметры измерения неизменные)

Figs. 12–13. Comparison of spread systems with in-line outer shot and side-shot crossgrouping on the same trace-line. (The profile measured in conventional system is of 24-fold coverage, offset: 300 m; that measured in the sideshot system is of 12-fold coverage, side-offset: 1000 m; otherwise all other measuring parameters are the same; sweep: 16–64 systle/10 sec, Δx : 50 m.)

12. és 13. ábránk még egy, az előzőhöz hasonló példát mutat be.

A leírtakat a következőkben összegezhadjük:

- a kutatási költségek elsősorban a valódi terítéshossztól függenek (a fedésszám változatlanóságát tételezve fel),
- a szeizmogramok minőségét – jel-zaj viszonyát – befolyásoló egyik legfontosabb paraméter a „látszólagos terítéshossz”,
- a vonalból oldalra kihelyezett forráspontokat használva a látszólagos terítéshossz jelentősen csökkenthető a valódi terítéshossz megváltoztatása nélkül,
- a szeizmogramok minősége – jel-zaj viszonya – különösen vibroseiz méréseknél sok esetben komolyan javítható a látszólagos terítéshossz rövidítésével,
- tapasztalataink szerint, a leírt „oldallövéses keresztsoportosításos” terítési rendszer alkalmazásával a kutatási költségek növelése nélkül javíthatjuk a mérési eredmények minőségét.

Látszólagos magnetotellurikus vezérszint kialakulása a laza üledéksorban

LANDY KORNÉLNÉ, NAGY ZOLTÁN*

Az MT módszer területén leggyakrabban és legáltalánosabban tárgyalt, vízszinteshez közel álló településű rétegsor esetén a nagy harántellenállású, vékony rétegek észrevehető hatást alig okoznak.

A számítógépezérelt MT mérőrendszerrel (ismertetése a 24. Geofizikai Szimpóziumon történt) a Pannon-medence területén két éve folyó kutatásoknak már a kezdeti eredményei olyan nyomkövethető jelenségekre hívták fel a figyelmet, amelyek – szerkezeti vagy litológiai eredetű ok miatt – a fenti modellel ellentmondásban vannak. A laza üledéksorban egy nem várt látszólagos vezérszint alakul ki.

Az előadás a mérésekkel kimutatott jelenségek magyarázatát keresi, alapul véve szovjet szerzők korábbi monográfiájában ismertetett elméletet és számítási eljárást. Továbbiakban a hasonló modellek vizsgálatának jelentőségét tárgyaljuk a szénhidrogénkutatás szempontjaiból.

В толще с близким к горизонтали залеганием слоев, которая чаще всего и вообще обуславливается в области применения магнитотеллурического метода, тонкие слои с высоким поперечным сопротивлением почти не вызывают заметного эффекта.

Уже первые результаты работ, проведенных в районе Паннонского бассейна в течение двух лет с помощью компьютеризированной измерительной системы MT (которая была изложена на 24-ом Геофизическом симпозиуме), обратили внимание на такие прослеживаемые явления, которые находятся в явном противоречии вышеуказанной модели по структурным или литологическим причинам. В толще рыхлых осадков формировался неожиданный кажущийся опорный горизонт.

В работе ищется объяснение на выявленные в результате измерений явления, причем за основу принимаются теория и способ расчета, изложенные в прежней монографии советских авторов. В дальнейшем, обсуждается значение исследования подобных моделей с точки зрения поисков и разведки углеводородов.

In case of strata series of nearly horizontal bedding – a case dealt with most frequently and in all generality in the domain of magnetotelluric soundings – thin beds of high transversal resistivity hardly produce an observable effect.

Investigations carried out in the Pannonian basin in the last two years by means of a computer controlled magnetotelluric measuring system (its description has been given in the fra of the 24th Symposium) have drawn the attention already in their starting phase to such observable phenomena which are in contradiction – owing to structural or lithological factors – to the above mentioned model. Within the loose strata series an unexpected apparent leading horizon will develop.

The paper is seeking an explanation of the demonstrated phenomena, basing on a theory and computing method of Soviet authors dealt with in an earlier monography. Further the importance of the investigation of similar models has been dealt with from the point of view of hydrocarbon exploration.

A magnetotellurikus módszer alkalmazása néhány éve új perspektívákat kapott a hazai kőolajipari geofizikai kutatásokban a számítógépezérelt terepi MT mérőrendszer üzemeltetésével.

A hazai kutatásban 1978 óta működő MTDR-2 típusú (Geotronics Co. gyártmánya) mérőrendszerrel végzett magnetotellurikus kutatás céljaira a Geofizikai Kutató Vállalatnál kifejlesztett számítógépes feldolgozási rendszert már 1979-ben ismertettük a 24. Geofizikai Szimpóziumon megtartott előadásunkban, Krakóban.

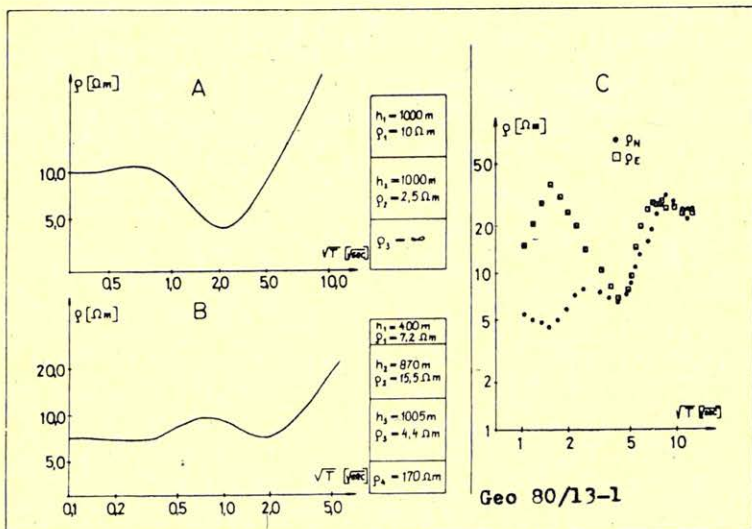
Magyarországon a Pannon-medence területén a magnetotellurikus módszer egyik fő feladata a több kilométer vastagságú, harmadidőszaki üledékes összlet és az alatta települő idősebb korú aljzat kutatása.

* Geofizikai Kutató Vállalat

A legáltalánosabban elképzelt és leggyakrabban várt modell a 2–5 km vastag kis vagy közepes fajlagos ellenállású laza üledéksor alatt nagy fajlagos ellenállású – gyakran közelítőleg szigetelő tulajdonságú – aljzat, amely a magnetotellurikus kutatás vezérszintjének tekinthető.

Egy ilyen sematizált modellnek a Pannon korú rétegsor átlagos ellenállásvizsgálata között az *1a ábrán* látható háromréteges elméleti görbe felel meg közelítőleg.

A tapasztalatok szerint a laza üledéksorban horizontális települési viszonyok mellett még viszonylag nagy fajlagos ellenállású rétegek sem okoznak számottevő hatást az MT szondázások látszólagos fajlagos ellenállás görbéin, különösen akkor, ha ezen réteg vastagsága a települési mélységéhez viszonyítva nem nagy.



1. ábra a, b. Példák a magyar medencében várható magnetotellurikus modell elméleti görbéire. c. A horizontális modellel nem értelmezhető mért terepi görbe

Рис. 1. а – б. Теоретические кривые магнитотеллурической модели, ожидаемой в венгерском бассейне. с Кривая, измеренная в полевых условиях, которая не может быть интерпретирована с помощью горизонтальной модели.

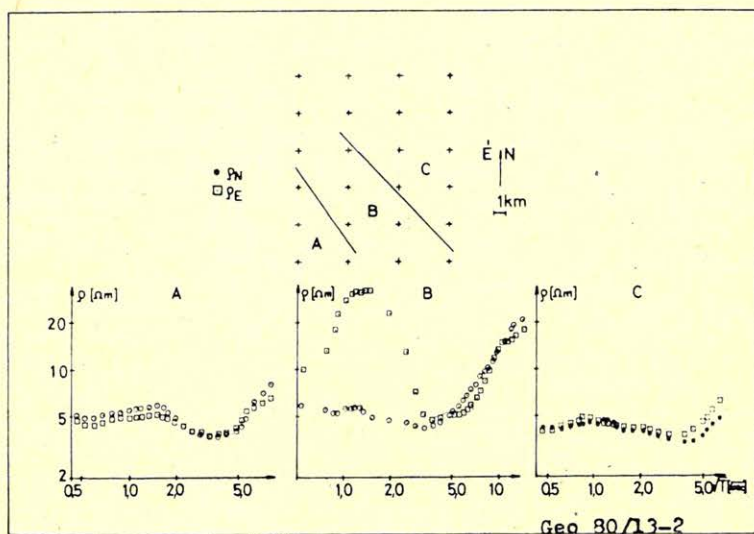
Fig. 1. а – б Theoretical curves of the magnetotelluric model to be expected in the Hungarian Basin c Measured field curve not to be explained by a horizontal model

Ennek illusztrálására az *1b ábra* szolgál. Ezen egy közepes fajlagos ellenállású, vastag réteg által okozott hatást láthatjuk, amikor a réteg vastagsága közel kétszerese a a települési mélységének. Fordított esetben, ha a települési mélység lenne kétszerese a beágyazott nagyobb fajlagos ellenállású réteg vastagságának, a réteg jelenléte még megnövekedett fajlagos ellenállása esetén is alig okozna ilyen szemmel látható hatást a szondázási görbéin.

Az MTDR mérőrendszerrel a Pannon medencében két éve folyó kutatásoknak már a kezdeti eredményei is olyan jelenségekre hívták fel a figyelmet, amelyek rávilágítottak az ilyen, túlzottan leegyszerűsített modellekben való gondolkodás ellentmondásaira, ugyanakkor a kapott szondázási görbék értelmezése a

szokásos horizontális rétegzettségű modellek alapján nem is lehetséges. Egy ilyen esetre az 1c ábra ad példát.

A 2. ábrán az eset általános képét látjuk. Mintegy 200 km² kiterjedésű kutatási területen közelítőleg szabályos hálózat mentén telepített MT állomásponatokon végzett mérések alapján az állomásponatok egy jól lehatárolható zónájában a látszólagos fajlagos ellenállások polárdiagramjának maximum-, illetve minimum-értékeiből szerkesztett szondázási görbék szignifikáns eltérésekkel jellemezhetőek. A fajlagos ellenállás polárdiagramja a látszólagos fajlagos ellenállás azimutális változását ábrázolja egy adott frekvencián.



2. ábra. A kutatási terület tipikus mért görbéinek területi eloszlása

Рис. 2. Пространственное распределение типичных кривых измерения в исследуемом районе.

Fig. 2. Areal distribution of the typical measured curves of the investigated territory

A 2a és 2c ábrán az anomáliamentes modellt jellemző görbék láthatók. A 2b ábra a szignifikáns eltérésekre mutat egy jellemző példát, amelyből az is egyértelműen kitűnik, hogy az eset a szokásos vízszintesen rétegzett modell segítségével nem értelmezhető.

Az anomális zónában a maximum és minimum értékekből szerkesztett szondázási görbék közötti eltérés mértéke ugyan változó, azonban az eltérés mindennél megfigyelhető. Az eltérés nemcsak a maximum és minimum értékekből szerkesztett görbéken jelentkezik, hanem két egymásra merőleges azimutra (pl. É és K) megszerkesztett szondázási görbék a főirányok stabilitása miatt hasonlóan viselkednek.

Az anomális jelenség zónájában az ellenállás-diagramok maximumaiból szerkesztett görbék viselkedése olyan, mintha az üledéksorban a nagyellenállású aljzat felett, annak településéhez képest kisebb mélységben egy újabb nagyellen-

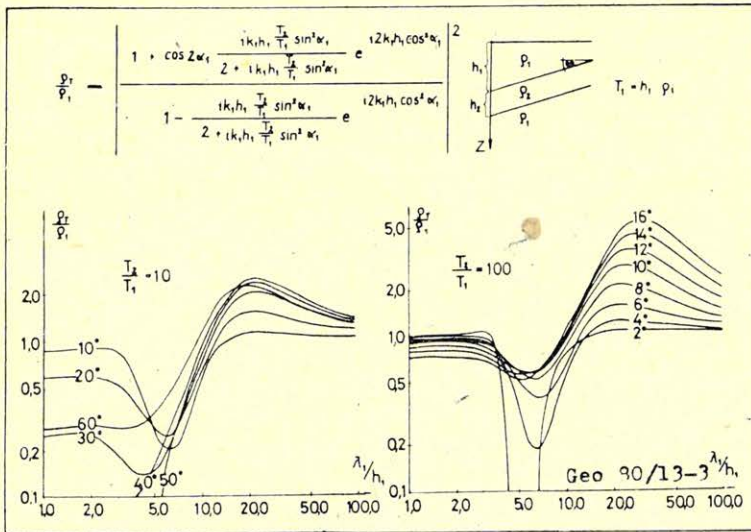
állású vezérszint jelenne meg, látszólag jelentős vastagsággal. Az ellenállás-diagramok minimum értékeiből szerkesztett görbéken ez a jelenség nem figyelhető meg, viselkedésük az anomáliamentes terület görbéihez hasonló. Viszont a mélybeli aljzat mindkét polarizáció alapján egyértelműen követhető és azonosítható.

A bemutatott és szignifikáns eltéréssel jellemezhető szondázási görbék az MT módszer elméletét leíró szakirodalomban már mintegy 10 évvel ezelőtt tárgyalt árnyékolási jelenség alapján értelmezhetők. Iszajev, Kaufman et al. szovjet geofizikusok e témakörben végzett részletes vizsgálataik alapján az 1970-ben Novoszibirszkben megjelent monográfiájukban [3] bemutatták, hogy a magnetotellurikus módszernél alkalmazott frekvenciasávok bizonyos tartományában az elektromágneses síkhullám teljes visszaverődést szenvedhet a hullámtérben levő dőlt síknak megfelelő rétegről, ha a dőlés szöge, illetve a dőlt síknak tekinthető réteg harántellenállása kritikus értéket ér el. A harántellenállás egy diszkrét réteg esetére a réteg vastagságának és fajlagos ellenállásának szorzata

$$T_i = h_i \cdot \rho_i$$

ahol T_i — a réteg harántellenállása ($\text{ohm} \cdot \text{m}^2$);
 h_i — a réteg vastagsága (m)
 ρ_i — a réteg fajlagos ellenállása ($\text{ohm} \cdot \text{m}$)

A harántellenállás mint relatív érték a dőlt réteg feletti közeg eredő harántellenállásához van viszonyítva. A szerzők néhány számított modell alapján kimutatták, hogy már néhány fokal dőlésszögeknél is erős árnyékoló hatás következ-



3. ábra. Árnyékolási jelenség elméleti görbéi különböző dőlésszögek esetén, ha a harántellenállások hányadosa 10, ill. 100

Рис. 3. Теоретические кривые явления затенения при различных углах наклона и отношении характеристических сопротивлений, соответственно, 10 и 100.

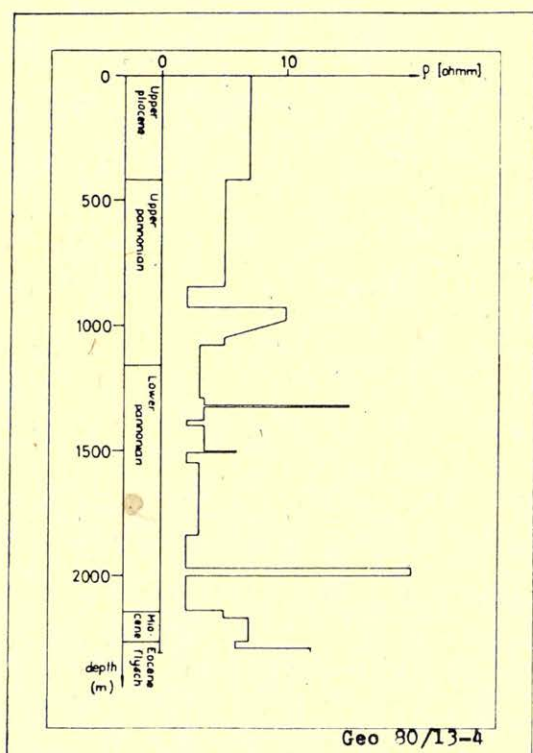
Fig. 3. Theoretical curves of a shading phenomenon for various dipping angles, when the ratio of the transversal resistivities is 10, resp. 100.

het be viszonylag vékony rétegek esetén is, ha a relatív harántellenállás nagyobb, mint 100 vagy közelítőleg 1000.

Ilyen esetre számított fajlagos ellenállásértékeket a 3. ábra mutat.

A látszólagos fajlagos ellenállás ilyen esetben egy háromréteges modell MT görbéjéhez hasonló, amikor a középső réteg nagy fajlagos ellenállású és viszonylag vastag.

Tételezzük fel, hogy a kutatási területen kapott MT szondázási görbék szignifikáns eltéréseit az előzőekben leírt árnyékolási jelenséggel magyarázhatjuk. Ha a geoelektromos szelvény ilyen esetben valamilyen nagyobb fajlagos ellenállású betelepült réteget tartalmaz, úgy az várhatóan a dőlés irányában okoz észlelhető árnyékolást, azonban nagy dölések esetében az árnyékolás nemcsak a dőlésirányban, hanem egy szélesebb azimutális tartományban is észlelhetővé válik. A csapásirányban árnyékolás nem lép fel, tekintve, hogy ebben az irányban a dőlés zérus.



4. ábra. A kutatási terület környezetében mélyült fúrás elektromos karotázsszelvényből készült átlagellenállás görbe

Рис. 4. Кривая среднего сопротивления, сконструированная на основе профиля электрического каротажа скважины, пробуренной в исследуемом районе.

Fig. 4. Average resistivity curve prepared from the electric log of a well deepened in the vicinity of the area of investigation.

A valóságban megfigyelt jelenség igen hasonló ehhez az elképzelt esethez, azonban kérdéses, hogy számíthatunk e ezen a területen olyan viszonylag nagy fajlagos ellenállású rétegek megjelenésére, amelyek relatív harántellenállása nagyobb, mint 100.

A kutatási terület közvetlen környezetében mélyült mélyfúrásokban végzett elektromos lyukszelvényezési adatok vizsgálata azt mutatta, hogy mind az alsó pannon, mind a felső pannon korú rétegsorban található ezen a területen a környezetükhöz képest megnövekedett fajlagos ellenállású rétegek.

A 4. ábra egy ilyen esetre mutat példát. A számított értékek szerint azonban ezeknek a relatív haránt ellenállása legfeljebb 5–10 körüli. Megjegyezzük, hogy pl. a 4. ábrán kb. 2000 m mélységben jelentkező nagyobb fajlagos ellenállású réteg szénhidrogénteleppel kapcsolatos.

Az eset tisztázására megismételtük az említett szerzők modellszámításait a relatív harántellenállás kisebb értékeire, nagyobb dőlésszögek esetére, alapul véve a szerzők által közölt elméletet, valamint a közölt formulákat. Ez utóbbiaknál szükségessé vált néhány értelemzavaró sajtóhiba kiküszöbölése.

Számításaink eredményeit a 3. ábra mutatja, a relatív harántellenállás értékei 10 és 100. Az eredményekből egyértelműen kitűnik, hogy az árnyékolási jelenség kisebb harántellenállásnál is fellép, ha a dőlésszög megnő. Ennélfogva a kutatási területen az anomális zónában mért MT görbék szignifikáns eltérését tekinthetjük a fiatal pannon üledéksorban a környezeti adatok alapján megismert nagyobb fajlagos ellenállású rétegek által okozott árnyékoló hatásnak, elsősorban a nagy rétegdőlések következményeként.

Figyelemreméltó ugyanakkor a 3. ábrán bemutatott eredmények között az az anomális ellenállás-csökkenés, amelyet a magasabb frekvenciánál mutatnak a $T_i = 10$ értékre számított adatok. Tekintettel a nagy dőlésszögekre, ez a jelenség nagyon hasonló a vertikális kontaktus esetére számított fajlagos ellenállásértékek viselkedéséhez, amelyet 1962-ben publikált Kunetz és D'Erceville [1]. Ezt az anomális ellenállás-változást az MT görbék interpretációjánál figyelembe kell venni a tévedések elkerülése érdekében.

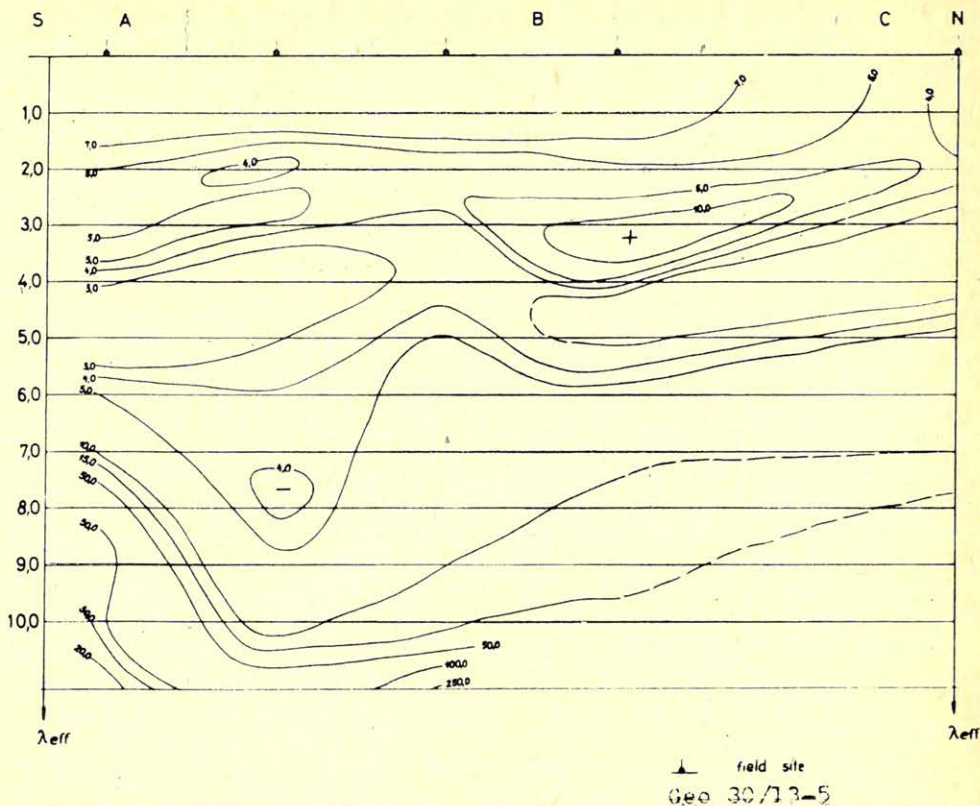
Az 5. ábrán bemutatott fajlagos ellenállás szelvény alátámasztja az észlelt szignifikáns eltérések zónájában levő nagydőlésű szerkezet létezésének realitását.

A bemutatott vertikális szelvényben a fajlagos ellenállás izovonalait a behatolási mélységgel arányos effektív paraméter függvényében ábrázoltuk. Az izovonalak jellemző fajlagos ellenállású mélységintervallumokat korrelálnak, az ún. intervallum ellenállás szelvény szerkesztését Matvejev 1974-ben publikált eljárását [2] felhasználva végeztük. Az intervallum-ellenállás izovonalainak menete a szerkezeti formákkal kapcsolatos.

Az 5. ábrán bemutatott intervallum-ellenállás szelvény egyértelműen mutatja nagydőlésű szerkezet jelenlétét az észlelt szignifikáns eltérések zónájában. Ennek a szerkezetnek kimutatása a magnetotellurikus mérések új eredménye.

A bemutatott eset alapján az észlelt szignifikáns eltérések megmagyarázhatók a pannon korú rétegsorba települt nagyobb fajlagos ellenállású rétegek árnyékoló hatásával. Az árnyékoló jelenség nyomon követése és zónájának további körvonalazása jelentőséggel bír a területen a jövőben végzendő szénhidrogén-kutatás szempontjából.

Másrészt a bemutatott eset is hangsúlyozza annak fontosságát, hogy a magnetotellurikus mérési eredmények értelmezésénél a reális geológiai feltételek-



5. ábra. A kutatási terület egy D–É irányú intervallum-ellenállás szelvénye

Рис. 5. Профиль интервал-сопротивление в направлении северюг в исследуемом районе.

Fig. 5. Interval-resistivity profile of N–S direction of the area of investigation

nek megfelelő inhomogén feltérre vonatkozó megoldásoknak a jövő fejlesztési feladataiban, az inverz feladatnál szerepet kell kapnia.

IRODALOM

- [1] D'Erceville, I., and Kunetz, G., 1962.: The effect of a fault on the earth's natural electromagnetic field. Geophysics 27, 65 l.
- [2] Matveyev, B. K., 1974: Interpretation of Electromagnetic Soundings „Nedra”, Moscow, (In Russian).
- [3] Isaev, G. A., Kaufman, A. A., Rabinovich, B. J., Shatokhin, V. N.: On the Effect of Dipping Layer Boundaries on the Electromagnetic Field and its Applications in Geoelectric Prospecting. Theory of the Electromagnetic Fields as Applied in Geophysical Prospecting. Siberian branch of „Nauka”, Novosibirsk 1970. (In Russian).

Röntgenradiometrikus mérési eljárás és műszer alkalmazása a színesércbányászat területén

MORVAI LÁSZLÓ, BÉKÉSTIBOR, RENNER JÁNOS,
SZENTESI JÓZSEF, SZUNYOGH FERENC

A dolgozatban ismertetésre kerül az izotópperjesztésű röntgenradiometriás analízis alapján az ELGI-ben megvalósított karotázs módszer és műszerfejlesztő tevékenység.

A kifejlesztett karotázs mérési technika különösen az ércbányászat területén alkalmazható sikeresen kutató, robbantó fúrások és magfúrások *in situ* vizsgálatára, a kőzetekben található hasznosítható komponensek (Cu, Zn, Pb) meghatározása céljából. Az így nyert mérési eredmények alapján a közvetlen termelés irányítás valósítható meg, kvantitatív minőségi paraméterek alapján. Felszíni geofizikai kutató fúrásokban pedig az érces szakaszok kijelölését teszi lehetővé.

Az előadás továbbiakban foglalkozik a porított magminták laboratóriumi analízisének lehetőségével és eredményeivel, különös tekintettel a nagy érzékenyséű Si/Li hűtött félvezető detektorok, valamint proporcionális számlálórendszerek és speciálisan kialakított adatértékelő és feldolgozó mérési összedállítások felhasználásának metodikai és technikai kérdéseire.

Végezetül gyakorlati terepi és laboratóriumi mérések eredményei alapján mutatja be a kidolgozott eljárás alkalmazhatóságát és vázolja a fejlesztés további irányát.

Излагается деятельность ЭЛГИ по разработке аппаратуры и методики скважинного рентгенометрического анализа с использованием изотопного возбуждения.

Разработанная техника скважинных работ может быть успешно применена в рудных шахтах для изучения пройденного разведочными, взрывными скважинами и колонковыми бурением разреза при условиях естественного залегания для определения содержания полезных компонентов (Cu Zn Pb) в породах. На основании полученных результатов измерения осуществляется прямое управление производственным процессом по количественным параметрам. В наземных геофизических разведочных скважинах метод позволяет выявлять рудные участки.

Далее, обсуждаются возможности и результаты лабораторного анализа пульверизированных кернов, придавая особое внимание методическим и техническим вопросам использования высокочувствительных охлажденных полупроводниковых детекторов Si/Li, пропорциональных счетчиков, а также специально составленных измерительных и обрабатывающих установок.

В заключение, на основании результатов практических полевых и лабораторных работ показывается применимость разработанного метода и направление дальнейшего развития.

The lecture reviews the methodological and instrument development activity of the ELGI in connection with the well-log method based on X-ray radiometric analysis using an isotope source.

The new well-log technique can be successfully applied first of all for ore-prospecting purposes for an *in situ* analysis performed in exploratory holes, shot holes, and core drillings, in order to determine the volume ratios of exploitable components (Cu, Zn, Pb). Results of such measurements can be immediately applied for production control based on quantitative parameters. In exploratory holes, the method makes possible to delineate ore-bearing sections.

The second part of the lecture deals with the laboratory analysis of powdered core samples, with a special emphasis on the methodology and technique of the high-sensitivity cooled Si/Li semiconductor detectors, proportional counters and data processing possibilities.

Finally, the applicability of the method is illustrated on actual laboratory and field examples, and tasks of further developments are pointed out.

1. Bevezetés

A nyersanyagkutatás irányában megmutatkozó fokozott érdeklődés szükségessé tette olyan, a földtani kutatásban és a bányászatban alkalmazásra kerülő

módszertani megoldások és a hozzájuk kapcsolódó geofizikai eszközök kifejlesztését, melyek felszíni fúrások, bányakutató és bányarobbantó fúrások, valamint ipari magminta vizsgálatok elvégzésére alkalmasak.

A fejlesztés célja érces szakaszok kijelölésére, továbbá kvantitatív elem koncentrációérték meghatározására alkalmas karotázs eszközök létrehozása. Ily módon lehetőség nyílik arra, hogy a bányakarotázs módszerek során nyert kvantitatív adatok birtokában közvetlen termelésirányítást valósítsunk meg.

2. *A kidolgozott eljárás módszertani alapjai*

A fent vázolt ipari igények kielégítésére korlátozottabb pontosságú mérések is elegendőek. Fontos tényező a mérésnek, valamint magának a mérőrendszernek terepi körülmények közötti, ill. bányabeli alkalmazásnál a nagyfokú stabilitás, a mérés reprodukálhatósága, a kiértékelés egyszerűsége és a méréssel egyidőbeni on-line megvalósítása, valamint olcsó ára. A fentiek figyelembe vételével, az érc kutatás és ércbányászat területén felmerülő igények kielégítésére, a különböző nukleáris módszerek ajánlhatók. Néhányat közülük már rutinszerűen alkalmaznak, mint például a gamma-gamma módszert, míg mások az aktív fejlesztés szakaszában vannak. A nukleáris módszerek közül, viszonylagos olcsósága és egyszerűsége, valamint az ehhez képest jelentős teljesítőképessége miatt, az izotópperjesztésű röntgenradiometriás analízis (XRF) módszerén alapuló mérési eljárás az egyik legperspektivikusabb.

Az izotópperjesztésű röntgenradiometriás analízis területén a következő eljárás és mérési összeállítás általános. A vizsgálandó kőzetcsakaszt, lágy gamma gerjesztéssel, karakterisztikus röntgensugárzás kibocsájtására készítjük. A gerjesztés hatására keletkezett karakterisztikus röntgensugárzást, speciális, a szondában e célból kialakított, nukleáris detektor és elektronikus rendszer érzékeli és dolgozza fel.

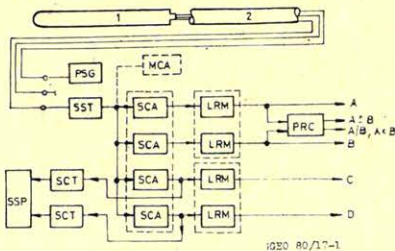
Az 1. ábra a bányakarotázs vizsgálatoknál alkalmazott mérési összeállítást mutatja be. A 36 mm; 43 mm; átmérőjű, rugóval falhoz szorított, kombinált szonda detektorai jó felbontóképességű proporcionális csövek. A 36 mm-es szondához egyetlen detektort alkalmazunk, állítható sugárforrástartóval, valamint kívülről vezérelhető mechanikus kiegyenlített szűrőpárral. A kis zajú, egycsatornás, energiaszelektív üzemmódú elektronika a detektor jeleit hagyományos karotázskábelén keresztül 0,5 keV zajküszöbvel juttatja a felszíni egységhez. A másik egység (43 mm-es) két detektorral, fix elrendezésű szűrőpárral. Ez esetben detektálhatjuk a két beütésszámot, valamint azok különbségét, mely a vizsgálandó elemmel hozható kapcsolatba. Az elektronikus jeleket hagyományos felszíni egység dolgozza fel. Mindkét üzemmódban a detektorok és a gerjesztő sugárforrás előtt, a szondaház falában berillium ablak található.

Recski érces területen végzett vizsgálatainknál, ahol az érces szakaszok kijelölése mellett, a főfeladatot a Cu-koncentráció érték meghatározása jelentette, gerjesztő forrásként 30 mCi (1110 MBq) aktivitású Pu-238 sugárforrás alkalmazását találtuk optimálisnak.

A 87,8 év felezési idejű sugárforrás konstans gerjesztési feltételek elérését teszi lehetővé, 13,5 keV és 17,2 keV energiával jelentkező vonalai pedig a Cu 8,05 keV-es vonalának jó hatásfokú gerjesztését eredményezik.

A berendezés alkalmazási vizsgálatában megállapítottuk, hogy spektrális üzemmódban a szonda érzékenysége akkor teszi lehetővé az elemek szétválasztását, ha a vizsgálandó elemek közötti rendszámkülönbség 3-nál nagyobb. Ha

ez nem áll fenn, az energiámérést szűrőpapiros eljárással kell kombinálni. Egy ilyen energia és szűrőpapiros kombinatív mérési eredményt mutatunk be a 2. ábrán, ill. az 1. táblázatban.



1. ábra. XRF blokkvázlata

1 – szonda; 2 – kábel; PSG – tápegység; SST – spektrumstabilizátor; SCA – egyesatornás analízátor; LRM – lineáris ratemeter; PRC – analóg processzor; SCT – scaler, timer; SSP – sornyomtató; MCA – sokcsatornás amplitúdó analízátor (feltételeesen); A, B, C, D – kimeneti csatlakozások

Рис. 1. Блок-схема аппаратуры XRF

1 – зонд, 2 – кабель, PSG – источник питания, SST – стабилизатор спектра, SCA – одно-канальный анализатор, LRM – линейный интегратор, PRC – аналоговый процессор, SCT – счетчик, таймер, SSP – строкопечатающее устройство, MCA – многоканальный анализатор амплитуд (условно); A, B, C, D – выходные контакты

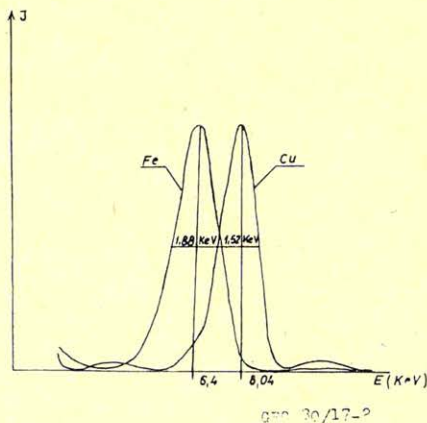
Fig. 1. Block-scheme of the XRF apparatus

1 – sonde; 2 – cable; PSG – supply source; SST – spectrum stabilizer; SCA – one-channel analyzer; LRM – linear ratemeter; PRC – analog processor; SCT – scaler, timer; SSP – printer; MCA – multichannel pulse height analyzer (conditionally); A, B, C, D – output connectors

2. ábra. Vas és rézminták tipikus spektruma

Рис. 2. Типичный спектр проб железа и меди

Fig. 2. Typical spectra of iron and copper samples



Az energia-tartományokat (ΔE) változtattuk vas, réz és porított kőzetminta esetén, amikor is az ablak szélességét és a Ni/Co szűrőpárt is a réz vizsgálatára választottuk. Látható pl., hogy a 8,35–9,25 keV-es ablakszélességnél a 100%-os vas 39 impulzusbeütést eredményez. A szűrőpár hatásának ellenőrzését

1. táblázat. Szűrőpáros kalibrációs mérés adatai

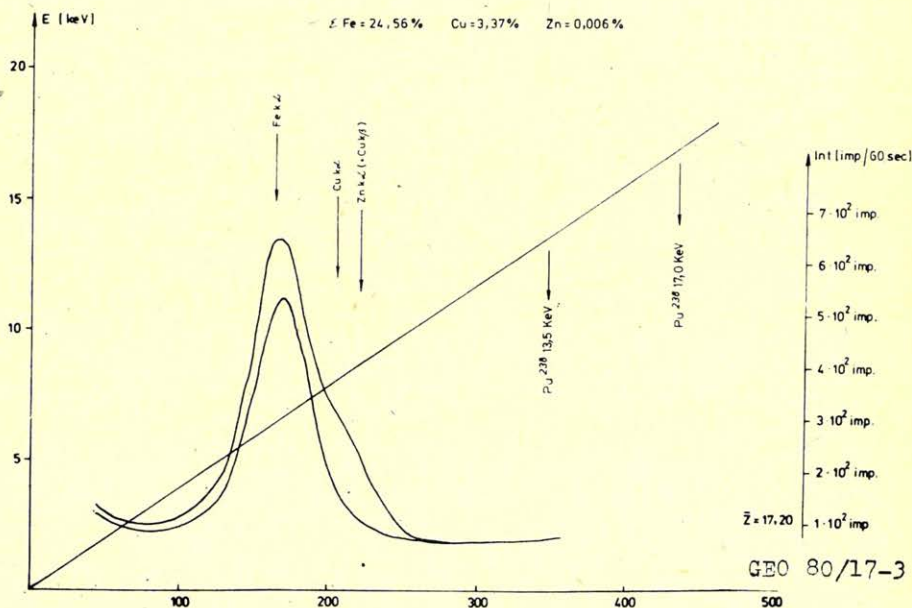
Таблица 1. Данные градуировочного измерения с парой фильтров

Table 1. Data of calibration measurement with filter pair

ΔE	8,65-8,95 KeV			8,95-9,1 KeV			8,35-9,25 KeV			8,2-9,4 KeV			integrális üzem Интегральный режим		
	I_1	I_2	ΔI	I_1	I_2	ΔI	I_1	I_2	ΔI	I_1	I_2	ΔI	I_1	I_2	ΔI
Cu 100 %	3590	1409	2181	7510	2743	4767	10 696	4195	6501	14 523	5860	8663	59 339	25 337	34 002
Fe 100 %	150	150	0	329	313	16	596	557	39	988	882	106	33 438	30 533	2 743
Cu 1,25 % Fe 100 %	174	103	71	335	219	116	534	327	207	757	473	284	9 242	8 188	1054

I_1, I_2 { az egyes szűrőkkel kapott beütésszámok
показания с одиночными фильтрами

ΔI { a két beütésszám különbsége
разность двух показаний



3. ábra. Rosszul kiegyenlített szűrőpárral felvett spektrum

Рис. 3. Спектр, зарегистрированный с плохо уравновешенной парой фильтров

Fig. 3. Spectrum recorded with an inadequately balanced filter pair

úgy végezzük el, hogy a „nem mért elem” (vas) különbségei beütésszámának – az ideális zérus értéken túl – a következő határok között kell lennie:

$$0 \pm 5 \text{ (beütés/s)} = 0 \pm 5 \frac{2T - D}{t},$$

ahol:

- T – beütésszám áteresztő szűrővel
- D – a különbségi beütésszám
- t – a mérési idő,

ami a választott beállításban teljesül. Meg kell jegyezni, hogy ez a hatás 100%-os vasra vonatkozik, közetviszonyok között ez még kedvezőbb.

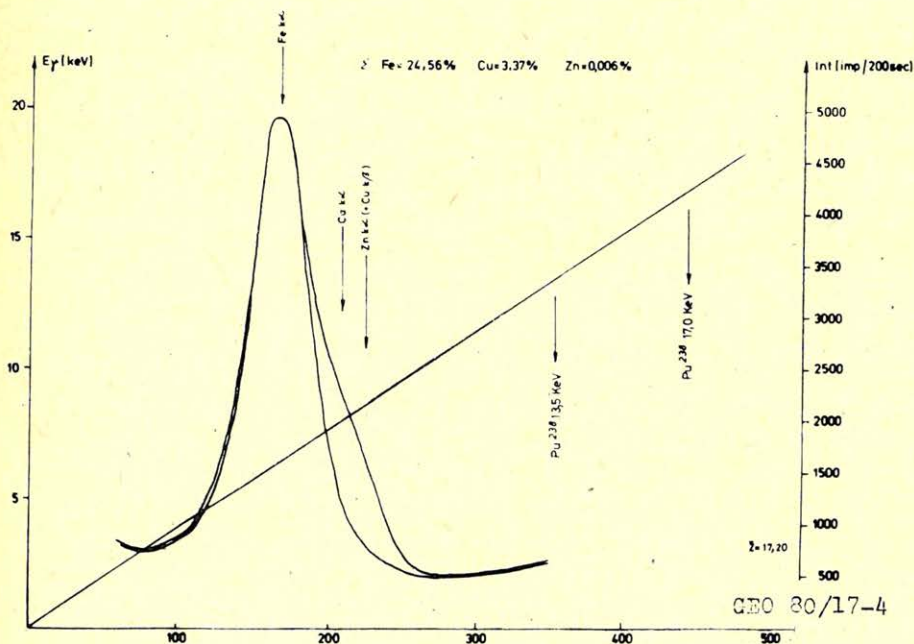
Hasonló megállapítást tehetünk a szűrőpár jóságára, ha a teljes spektrumot vizsgáljuk. Kiegyenlített szűrőpár esetén pl. a réz kimutatásánál a zavaró elemek (Fe, Zn) a spektrum képét megváltoztatják, míg jól kiegyenlített szűrőpár esetén a spektrum képe csak a vizsgált energiatarományban változik meg (3–4. ábra).

Továbbá látható, hogy a nagykoncentrációjú zavaró elemek (Fe, Zn) a réz-meghatározás pontosságát elhanyagolható módon zavarják.

3. Recski érces területen végzett bányakarotás mérések eredményeinek bemutatása:

Az ismertetett berendezésekkel bányafúrásokban pontonkénti és folyamatos szelvényezés végezhető. Pontonkénti mérésnél 10 cm-es mintavételezést alkalmaztunk és a kapott eredményt a 142. sz. fúrásban mutatjuk be (5. ábra.)

Látható az érces szakaszok jó felbontóképessége és kiskoncentrációs szakaszok kimutatása is rézre vonatkoztatva.

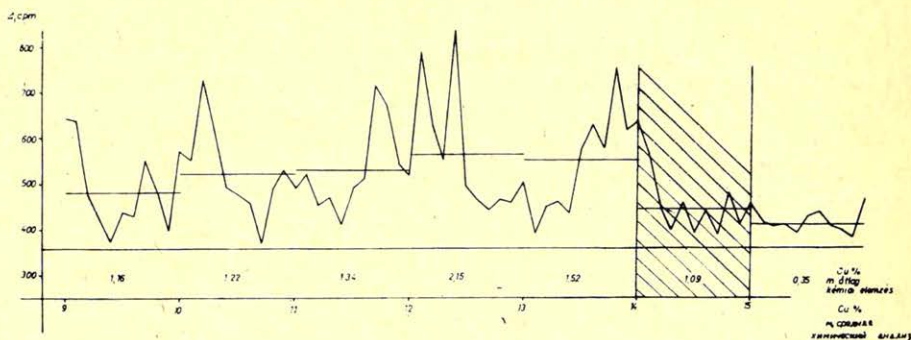


4. ábra. Kiegyenlített szűrőpárral felvett spektrum

Рис. 4. Спектр, зарегистрированный с уравновешенной парой фильтров

Fig. 4. Spectrum recorded with a balanced filter pair

Feltűntették a méteres magminták kémiai elemzési értékét is, és megállapíthatjuk, hogy megfelelő elemzési orientálás esetén jobban tudjuk elválasztani a műre való ércet a meddő szakasztól. Ezt láthatjuk a 14 – 15 m szakasz elemzésénél az 1,09% Cu tartalomnál, ha a mélységhatárt kissé eltoljuk, kedvezőbb elkülönítést nyerhetünk.



GEO 80/17-5

5. ábra. Pontonkénti mérés röntgenradiometrikus eljárással energiataromány: 7,5 – 8,7 keV-ig

Рис. 5. Поточечные измерения по методу Диапазон энергий от 7,5 до 8,7 кэВ

Fig. 5. Point-by-point XRF measurement, energy range: 7,5 to 8,7 keV

Folyamatos szelvényezést mutatunk be a 6. sz. fűrásban (6. ábra). Itt szelektív gamma-gamma és röntgenradiometrikus szelvényezést vettük fel. A szelektív gamma-gamma az összfémtartalommal, míg a röntgenradiometrikus szelvény a réztartalom változásával hozható kapcsolatba. A kapott karotázs szelvény jó egyezést mutat a kémiai elemzéssel, valamint az ismétlés a mérés megbízhatóságáról tanúskodik.

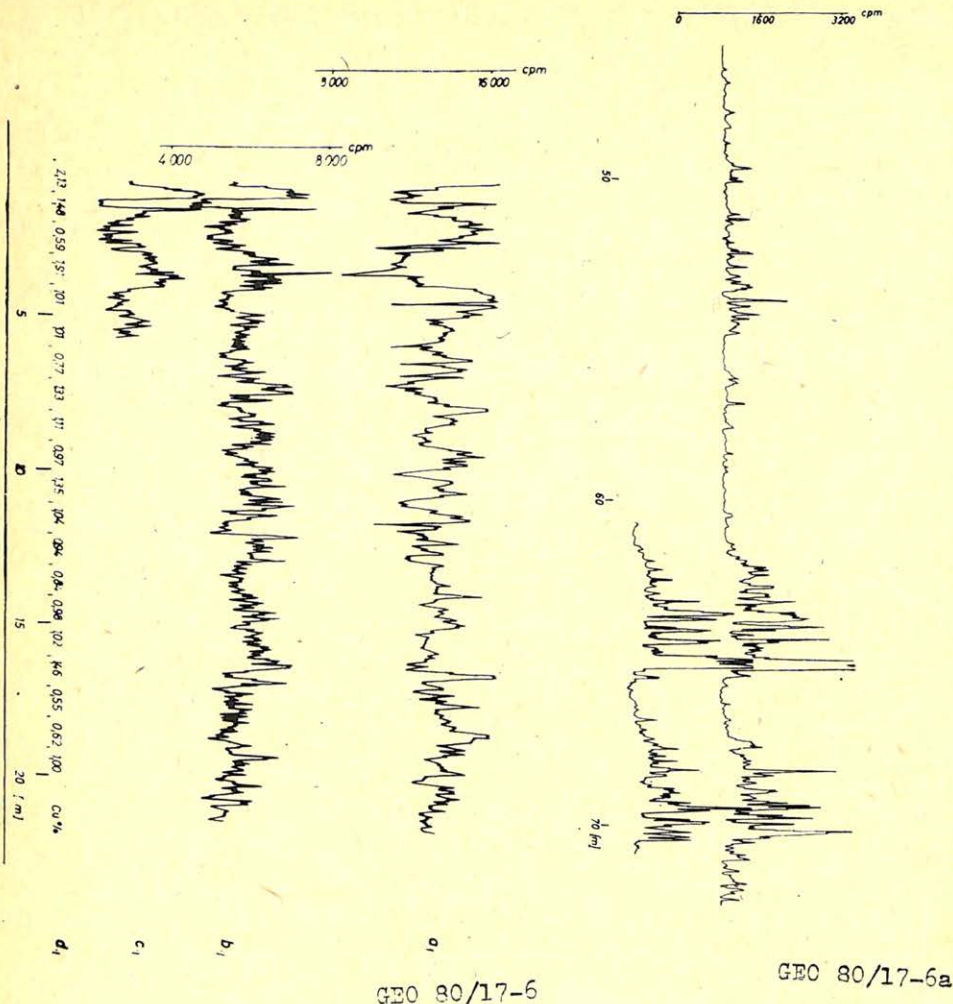
Továbbiakban fűrómagmintán végeztünk 10 cm-enkénti méréseket. A kapott eredményt a 7. ábrán mutatjuk be. A kémiai elemzést a pontozott görbe mérést pedig a folytonos görbe szemlélteti. Látható a jó egyezés, jellegbeni eltérés csak 81,6 – 81,8 m között tapasztalható.

Az intenzitásérték közel 8%-os réztartalom változásig lineáris összefüggést ad, míg ettől nagyobb érc tartalom esetén kissé elhajlik.

A kidolgozott berendezéssel a 0,3 – 0,4%-nál nagyobb Cu-tartalom megbízhatóan kimutatható, mintegy 0,2%-os pontossággal folyamatos, illetve pontonkénti szelvényezés esetén.

4. Magminta elemzés ipari laboratóriumi körülmények között

Amennyiben a fűrómagminta több komponensét egyidőben kívánjuk meghatározni ipari laboratóriumi körülmények között, nagyobb szelektivitású, ily módon nagyobb érzékenységgű mérési összeállítások szükségesek. Laboratóriumi körülmények között pl. lehetőség nyílik arra, hogy félvezető detektort alkalmazunk (hűtött, vagy nem hűtött változatban). A koncentrációértékek meghatározásának pontossága olyképpen növelhető, hogy speciálisan kialakított korrekciós eljárások, valamint a hozzájuk tartozó hardware elrendezések létre-



6. ábra. Recski bányafúrásban felvett szelektív gamma-gamma és röntgenradiometrikus szelvény
 a) szelektív gamma-gamma; b) röntgenradiometrikus; c) röntgenradiometrikus ismétlés; d) kémiai
 elemzés. A röntgenradiometrikus szelvény energiataromány 7,5–8,7 keV-ig

6/a ábra. Bányafúrásban felvett röntgenradiometrikus szelvény
 a) alapszelvény; b) ismétlés; energiataromány: 7,6–8,4 keV-ig

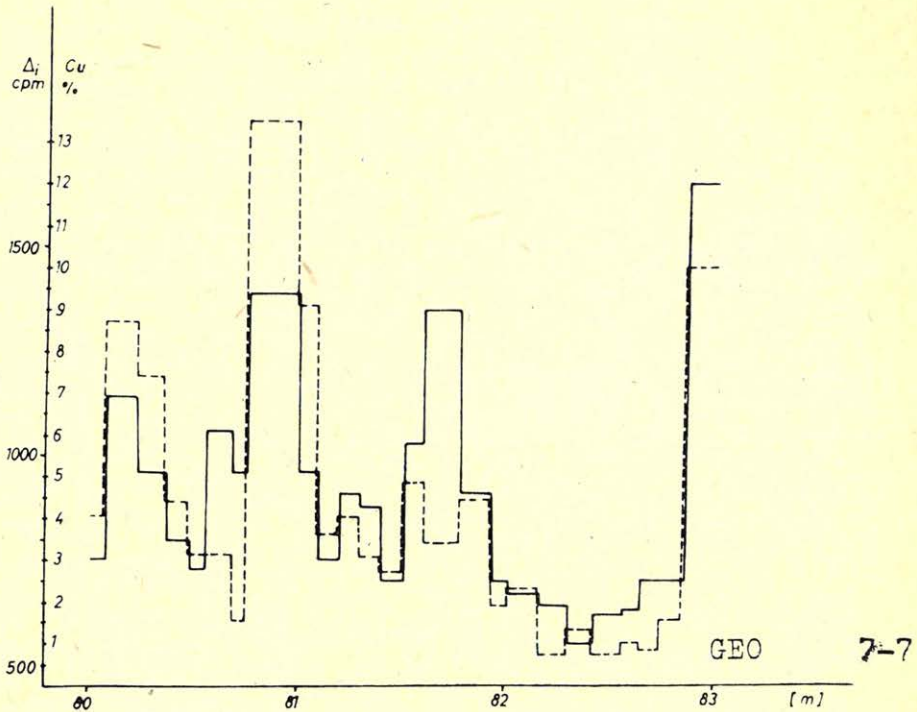
Рис. 6. Диаграммы селективного ГГК и XRF, полученные в шахтной скважине в районе
 Речк а) селективный ГГК б) XRF, в) повторение, г) химический анализ.
 Диапазон энергии диаграммы XRF от 7,5 до 8,7 кэВ

Рис. 6/a. Диаграмма XRF, полученная в шахтной скважине
 а) основная диаграмма, б) повторение
 диапазон энергии от 7,6 до 8,4 кэВ

Fig. 6. Selective gamma-gamma and XRF logs recorded in a mine borehole at Recsk
 a) selective gamma-gamma; b) XRF; XRF repetition; d) chemical analysis. Energy range of the
 XRF log: 7,5–8,7 keV

Fig. 6/a. XRF log recorded in a mine borehole
 a) basic log; b) repetition, energy range: 7,6–8,4 keV

hozásával, a zavaró komponensek hatása kiszűrhető, valamint a mátrix változása figyelembe vehető.



7. ábra. Recki magminta mérés; folytonos vonal: mért érték szaggatott vonal: kémiai elemzés

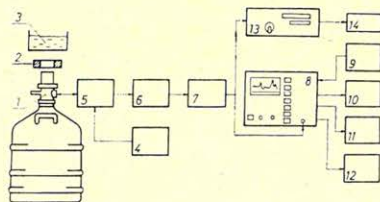
Рис. 7. Измерение на образцах из керна, район Речк сплошная линия: измеряемое значение пунктир химический анализ

Fig. 7. Core measurement at Reck, solid line: measured value; dotted line: chemical analysis.

A 8. ábra az Intézetünkben laboratóriumi célokra kidolgozott mérési összeállítását mutatja be. A karakterisztikus röntgensugárzás észlelésére egy nagy-érzékenységű Si/Li félvezető detektor szolgál, mely egy ASA 1024 – 16 típusú adatértékelő és feldolgozó rendszerrel van összekötöttségben. A rendszer tárolójában recki érces területről származó minták esetén, a 9. ábrán látható tipikus energiaspektrum jelenik meg. A spektrumban megtalálhatók a gerjesztett elemek karakterisztikus vonalai. Intenzitásértékük a mintában található elemkoncentrációkkal arányosak. Megjelennek továbbá a rugalmasan, ill. a rugalmatlanul szóródott fotonok intenzitásával arányos területek, melyek a minta átlagrendszámmával hozhatók kapcsolatba.

A berendezés tárolójában összegyűjtött információk feldolgozása olyképpen történik, hogy a mérőrendszert etalonsorozat segítségével, a rutinvizsgálatok megkezdése előtt hitelesítjük. Az etalonmintáknak a sorozatmérésekkel megegyező feltételek közötti vizsgálatával hitelesítő görbékét készítünk. Intézetünkben kidolgoztunk egy számítási eljárást, melynek segítségével a rugalmasan,

ill. rugalmatlanul szóródó fotonok intenzitásának ismeretében, a spektrum összes vonalára vonatkozóan egyformán hatásos mátrix-korrekciós eljárás végezhető.



020 90/17-8

8. ábra. XRF mérési összeállítás

- 1 – Si/Li félvezető detektor; 2 – gerjesztő forrás; 3 – minta;
 4 – magasfeszültségű tápegység; 5 – hűtött előerősítő; 6 – főerősítő;
 7 – formáló áramkör; 8 – sokcsatornás analízátor;
 9 – szalagolvasó; 10 – szalaglyukasztó; 11 – digitális adatnyomtató; 12 – XY rajzoló; 13 – ASA 1024–16 analízátor;
 14 – mikrokomputer

Рис. 8. Измерительная установка XRF

- 1 – полупроводниковый детектор Si/Li, 2 – источник излучения,
 3 – образец, 4 – источник питания высокого напряжения,
 5 – охлажденный предусилитель, 6 – основной усилитель,
 7 – формирующая схема, 8 – многоканальный анализатор,
 9 – устройство считывания с ленты, 10 – ленточный перфоратор,
 11 – цифровое печатающее устройство, 12 – графопостроитель XY, 13 – анализатор ASA 1024–16,
 14 – микро ЭВМ

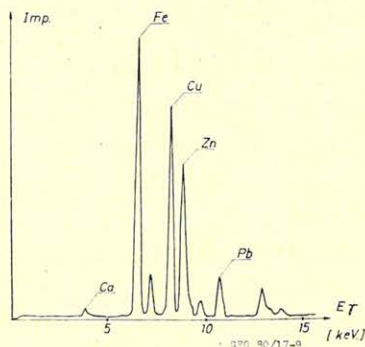
Fig. 8. XRF measuring arrangement

- 1 – Si/Li semiconductor detector; 2 – generation source;
 3 – sample; 4 – high voltage supply unit; 5 – cooled preamplifier;
 6 – main amplifier; 7 – shaping circuit; 8 – multichannel analyzer;
 9 – tape reading unit; 10 – tape perforator; 11 – digital printer;
 12 – XY plotter; 13 – ASA 1024–16 analyser;
 14 – microcomputer

9. ábra. Tipikus XRF energiaspektrum recki mintán

Рис. 9. Типичный спектр энергии XRF на образце из района Речк

Fig. 9. Typical XRF energy spectrum on a sampel of Reesk



020 90/17-9

Az eljárás azon a megfontoláson alapul, hogy az összetevők rendszáma és mennyisége ismeretében a mintához egy Z átlagrendszám rendelhető, amely szoros lineáris kapcsolatban van, az anyag egy adott energiájú sugárzására vonatkozó abszorpciós tulajdonságával. A mérés során az i -edik tárolórekészbe begyűj-

tött impulzusadatot I_i vonalintenzitásnak nevezzük. A két utolsó tárrekesz helyzetét a rugalmatlanul és rugalmasan szóródott fotonok energiatartományánál rögzítjük. Ezen két utolsó tárrekesz tartalmát I_{rugalmas} és $I_{\text{rugalmatlan}}$ -nak nevezzük.

Az I_i vonalintenzitás korrekciója a mátrix sajátosságokat tükröző szórt sugárzási spektrumtartományok figyelembe vételével, az egységnyi elemkoncentrációhoz tartozó intenzitásértékeknek, mint egyváltozós függvénykapcsolatnak a meghatározásával történik. A vizsgálandó anyag i -edik vonalának intenzitása a hozzá tartozó elemkoncentráció értékétől és az átlagrendszámtól függ, amelynél az egyváltozós függvénykapcsolathoz úgy jutunk, hogy a számítást az egységnyi elemkoncentrációhoz tartozó értékekkel végezzük.

A független változó a Z átlagrendsszám, ill. az ezzel lineáris kapcsolatban álló

$$\lg \frac{I_{\text{rugalmatlan}}}{I_{\text{rugalmas}}}$$

alakú kifejezés. A mérőrendszerre meghatározzuk ennek a változásnak a fenti összefüggéssel való kapcsolatát. A hitelesítési sorozat Z átlagrendsszám intervallum-középpértékéhez Z_0 -hoz tartozó intenzitás értéket I_{0i} -val jelölve, az eltérő mátrixtól eredő abszorpciós hatást kiegyenlítő C_i korrekciós faktort képzünk.

Az I_{korrr} -tal jelzett korrigált karakterisztikus vonalintenzitás meghatározása az előállított mátrix korrekciós faktorok segítségével:

$$I_{\text{korrr}} = C_i \cdot I_i \text{ mért}$$

ahol:

$$I_{\text{korrr}} = \text{korrigált vonalintenzitásadat}$$

$$I_i \text{ mért} = \text{mért vonalintenzitásadat.}$$

A mért intenzitásadatok és a kémiai koncentrációértékek összefüggése lineáris függvénykapcsolatot eredményez:

$$K_i = V_i \cdot I_{\text{korrr}} = W_i$$

ahol:

$$K_i = i\text{-edik elem koncentrációértéke,}$$

$$V_i = WI = \text{rendszerállandók}$$

Az ismertetett processzus alkalmazásakor egy ismeretlen összetételű minta i -edik elemkoncentrációjának meghatározásához, csak I_i mért vonalintenzitás és az adott mintán belül minden elemre közös I_{rugalmas} és $I_{\text{rugalmatlan}}$ ismerete szükséges. Ennek eredményeképpen feleslegessé válik a feladat megoldásához szükségtelen információknak a tárolása, amely a háttérmemória kapacitásának nagyságrenddel történő csökkentését eredményezi. A hitelesítő görbesereg paramétereinek meghatározásával, sorozatminták mérésekor, a berendezés automatikusan kiszámítja és kinyomtatja a minta koncentrációértékét százalékos formában.

5. Mérési eredmények bemutatása

A kidolgozott mérési eljárás és a berendezés segítségével sikerült elérni azt, hogy 30 mCi (1110 MBq) Pu-238 gerjesztőforrás alkalmazásával, a mérések érzékenységi küszöbét 50 ppm koncentrációértékben lehet meghatározni, a 10.

ábrán látható komponensekre. Ilyen esetekben a mérés relatív hibája 10 – 15%, a koncentrációérték növekedtével ez 5%-ra csökken. Ennek következtében sikeresen alkalmazható ipari analitikai feladatok megoldására – érc kutatáson túl – a cement-, üvegipar, valamint a timföldgyártás területén is.

<u>ЭЛЕМЕНТ</u> <u>Element</u>	<u>ДИАПАЗОН КОНЦЕНТРАЦИИ</u> <u>Concentration range</u>	<u>СРЕДНЯЯ</u> <u>Average</u>
Ca	0,15-95%	22,95%
Ti	0-36700 ppm	5400 ppm
V	—	—
Cr	0-6733 ppm	176 ppm
Mn	0-3960 ppm	650 ppm
Fe	7,1-20,4%	4,89 %
Ni	0-236 ppm	68 ppm
Cu	0-3015 ppm	597 ppm
Zn	0-690 ppm	101 ppm
Pb	—	—
Sr	16-930 ppm	465 ppm

10. ábra. Tengeri torlat elemtartalma

Рис. 10. Содержание элементов в морской россыпи

Fig. 10. Element content of a marine placer

Összefoglalóan megállapíthatjuk, hogy a kidolgozott berendezések és eredményesen megoldott módszertani munkával sikeresen oldhatjuk meg a fúrásokban az érces szakaszok kijelölését, valamint a vizsgálandó elemek %-os meghatározását. A magmintákon végzett mérésekkel az orientált minta elemzést, porított mintákon pedig egyidőben több elem nagypontosságú meghatározását. Így a kutatás és bányászat során a termelés irányítás minden fázisában megfelelő eszköz és eljárás áll rendelkezésre a bányászat irányítói, a feldolgozás vezetői számára.

Bányakarotázs fejlesztési irányai és eredményei a Mecseki Szénbányáknál

NAGY DEZSÓNÉ*, VERBŐCI JÓZSEF*

A geofizikai kutatás hatékonyságának fokozására, a földtani információszerzés lehetőségeinek bővítésére komplex karotázsfejlesztési programot dolgozott ki a Mecseki Szénbányák Kutatási Osztályának Geofizikai Csoportja.

Az együttes módszer- és műszerfejlesztés lehetővé teszi a széntelepek elhelyezkedésének, kiterjedésének, dőlésének és minőségének meghatározását, a rétegek közetfizikai paramétereinek meghatározását, a kőzetmechanikai viszonyok tisztázása érdekében.

A szerzők beszámolnak a program során már megoldott és még megvalósításra váró feladatokról, valamint a kiegészítő karotázsmódszerek alkalmazásáról.

Konkrét példákon mutatják be a tektonikai zavarok kimutatásának lehetőségeit, kútatófúrásokból radioaktív karotázsmódszerrel.

Геофизической группой Отдела исследований Мечекских угольных шахт была разработана комплексная программа развития каротажа с целью повышения эффективности геофизической разведки и расширения возможностей добычи геофизической информации.

Совместное развитие методов и техники исследований позволяет расположить угольных пластов, а также их размеры, наклон и качество сырья и физические параметры пород в пластах.

В работе авторами дается отчет об уже решенных и ждущих решения в будущем задачах, а также о применении дополнительных каротажных методов.

На конкретных примерах иллюстрируется возможность выявления тектонических процессов на основе метода радиоактивного каротажа в исследовательской скважине.

The Geophysical Group of the Exploration Department of Mecsek Coal Mines launched a complex bore-hole geophysical development project to increase the efficiency of geophysical prospecting.

The joint development of methodology and instrumentation has made possible to determine the position, extension, dip and quality of coal beds, to measure the rock-physical characteristics of the strata in order to clarify rock-mechanical conditions.

The authors review the results of this research project, together with problems still to be solved. Applications of the auxiliary well-logging methods are also dealt with.

Actual field examples are presented showing the detection of tectonic disturbances by radioactive logging methods from exploratory holes.

A Mecseki Szénbányáknál a bányakarotázs üzemszerű alkalmazása 1973-ban kezdődött. Célja a fúrás tengelyében levő széntelepek kimutatása, a kőzetek litológiai differenciálása volt. Ennek elsődleges megvalósítását a radioaktív gamma-karotázs módszer jelentette, mely a kőzetek természetes vagy mesterséges sugárzását hasznosítja a furat által harántolt rétegsor vizsgálatára.

A mérőberendezést a Központi Bányászati Fejlesztési Intézet alakította ki sújtólégbiztos kivitelben. A sonda (MIRAKAR – G) Geiger – Müller számlálócsővel működik, és a kőzetek radioaktivitásától függő elektromos impulzust juttat a regisztráló műszerbe (MIRAKAR – M), mely analóg kijelzésű, jelrögzítésre nem alkalmas. A berendezéssel egyidejűleg, egy paraméter mérhető. (Termé-

* Mecseki Szénbányák Kutatási Osztály.

szetes-gamma, illetve gamma-gamma). A felhasznált sugárforrás Sr – 90 fékezési röntgensugárzása 3,7 GBq aktivitással és 80 keV energiával. A mérések jelentőségét annak eredményeit, valamint a fejlesztés szükségességét vállalatunk képviselői (Kiss József, Verbőci József) az 1977. évi 22. nemzetközi szimpóziumon ismertették.

Előadásunkban az 1977-es összefoglaló óta eltelt idő eredményeiről számoltunk be.

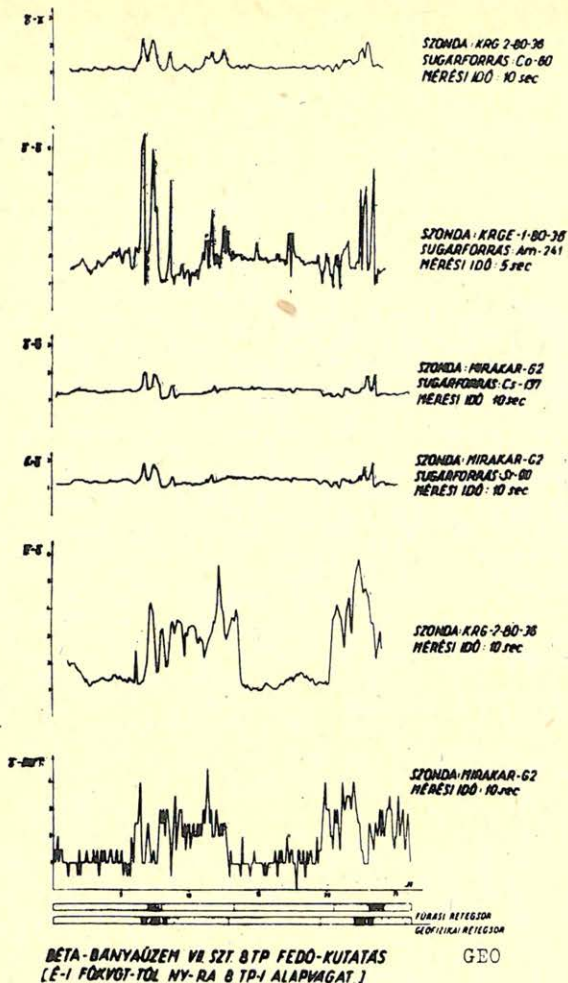
Mivel a földtani kutatás, a gázkitörésveszély leküzdése, a metán lecsapolása nagymértékű fúrási tevékenységet igényel, célszerűnek bizonyult a mérések hatékonyságát, valamint a fúrásokból nyerhető hasznos információszámot növelni. Nyilvánvalóvá vált, hogy a bányakarotázs fejlesztését két úton kell folytatni: módszertani fejlesztés és műszer építés. A kettő egymással szoros kapcsolatban van, így megvalósításuk együttesen kell, hogy végbemenjen, vagyis a módszerfejlesztéssel egyidejűleg kell kiépíteni a célműszereket, a szondatípusokat természetesen sújtólégbiztos kivitelben.

A hatékonyság növelése érdekében fejlesztettük ki ugyancsak a KBFI által a két paraméter egyidejű mérésére alkalmas radioaktív szondát (MIRAKAR – G2), szintén GM-csőves detektorral. A mérőműszer (MIRAKAR – D) ebben az esetben digitális kijelzésű. Lehetőséget nyújt a mérési idő változtatására, és a két paraméter egyidejű megjelentetésére. Jelrögzítésre ez a műszer sem alkalmas. Ez a fejlesztés a karotázsmérések idejét felére, lehetőségét pedig duplájára növelte. Míg 1977-ben üzemeink 6500 fm-t, 1978-ban 9800 fm-t, 1979-ben pedig 14 000 fm-t karotáltak le.

A mérések számának növekedése nagymértékű kiértékelő munkát von maga után. Ennek meggyorsítása érdekében a mért adatokat EMG – 666-os számítógépre visszük, mely a csatlakoztatott plotter segítségével a kirajzolást automatikusan elvégzi. A kiértékelés üteme még így sem volt megfelelő, a számítógéphe történő manuális adatbetáplálás miatt. Megoldást az 1979. év végére kifejlesztett (KBFI a szovjet – magyar szerződés keretén belül) memóriás karotázsműszer (MINIKAR – I) jelentett. A mért adatok a memóriából közvetlenül számítógépre, plotterre és lyukszalaglyukasztóra vihetők. A műszerhez a legkülönbözőbb szondatípusok csatlakoztathatók, a már meglévők és amelyek a karotázsfejlesztés során alkalmazásra kerülnek.

Tudatos fejlesztés kezdődött a mérési paraméterek kibővítésére, optimalizálására, hitelesítésére.

A radioaktív bányakarotázs fejlesztése érdekében összehasonlító méréseket végeztünk bányauzemeinkben. Egyazon fúrólukban mértük a szelvényt GM-csőves és szcintillációs detektorral. A szcintillációs berendezéseket a Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézettől és a Mecseki Ércbányászati Vállalattól kaptuk. Ezek nem sújtólégbiztos mérőműszerek, de egyedi engedéllyel levihettük őket a bányába. Az 1. ábrán Béta Bányauzem VII. szint É-i főkeresztvágattól Ny-ra a 8. telepi alapvágaton 39° dőléssel tervezett 28 m hosszú fúróluk összehasonlító mérési sorozatát mutatjuk be a szondaparaméterek feltüntetésével. A fúrás átmérője 65 mm, rétegsorát pedig homokkő, agyagpala és palásszén alkotta. Az ábrán az alsó két görbe a természetes gamma mérések eredményeit mutatja, felettük pedig gamma-gamma mérések láthatók. A litológiai differenciálás elsősorban a természetes gamma mérések alapján végezhető el, mivel a homokkő, illetőleg a palás összlet természetes gamma intenzitása egymástól lényegesen különbözik. Az elmondottakat illusztrálja az 1. és 2. szelvény, melyből megítélhető a szcintillációs detektor lényegesen jobb felbontása is. A 3 – 4 szel-



1. ábra. Összehasonlító mérések – szcintillációs és GM-csőves detektorokkal, különböző sugárforrásokkal – Béta Bányában

Рис. 1. Каротажные измерения для сопоставления -эталонирования- сцинтиляционными детекторами и детекторами с счётчиком Г-М при разных излучателях в шахте Бета

Fig. 1. Comparative measurements – by means of scintillation and GM-tube detectors with various radiating sources – in the Béta-Mine

vény GM-csőves, az 5–6 szelvény pedig szcintillációs detektorral végzett mérés jelent. Az alkalmazott sugárforrások: Am–241, Sr–90, Cs–137 és Co–60.

Látható, hogy a palás összleten belül alapvetően két csoportban 3–3 vékony széntelep különíthető el. Az első hármas csoport minden elrendezésnél megtalálható, a második az americium és stroncium esetén egyértelműen felismerhető, cézium és kobalt esetén pedig egy „váll” jellemzi. Tehát a telepek vastagsága és helye minden esetben megadható, pontosabban azonban lágy sugárforrásokkal mutathatók ki. A 10–13 m-es intervallumban jelentkező anomália sor szerintünk a furat bizonyos mértékű kavernásodásával lehet kapcsolatos, mivel a természetes gamma szelvény nem támasztja alá semmilyen vékony telep jelenlétét. Sajnos ennek ellenőrzését nem tudtuk elvégezni, mivel kavernométerrel még nem rendelkezünk. Legyártását a magyar–szovjet bányageofizikai műszerfejlesztési program keretén belül oldjuk meg.

Az összehasonlításban a továbbiakban vizsgáltuk az impulzushozamok szintjét, az amplitúdó dinamikát és a vertikális felbontóképességet.

Az impulzushozamok szintje az egyes mérésfajtákra vonatkozóan az ábráról leolvasható. Természetesen a legnagyobb hozamok a szcintillációs detektorokkal érhetőek el egyéb paraméterek (szondahossz, sugárforrás erőssége) különbözősége mellett is.

A vertikális felbontóképességre a fúrás tengelye mentén számított egyértelműen elkülöníthető legkisebb rétegvastagság a jellemző. Erre legáltalánosabb példa az Am – 241 sugárforrással mért szcintillációs szelvény 22,5 és 23,5 m közti szakasza. Az itt levő telep hármastagozódására utal a normál gamma-gamma anomália „váll”-része (4–6 szelvény), illetve a 3. szelvény réteg kezdeményei. A vékony teleprezsz elkülönülten csak az 5. szelvényen jelentkeznek.

Az amplitúdó dinamikát a szelvény relatív differenciáló képességével, vagyis a maximális és minimális amplitúdó értékek hányadosával jellemezzük. Ez az érték természetes gamma aktivitásra vonatkozóan az 1. szelvényen 4-nek, a 2-en 5,3-nak adódik. A gamma-gamma szelvényen a kemény sugárzás (Cs – 137 és Co – 60) esetében 1,93 és 2,18. Tehát nincs lényeges különbség. A lágy gamma felvételeknél viszont míg a Sr – 90-nel mért GM-csőves detektálásnál 2-nek adódik (3. szelvény), addig szcintillációs detektálásnál Am – 241 sugárforrással 7,5-nek (6. szelvény).

A bemutatott és hasonló mérési eredményekből nyilvánvalóvá vált, hogy ki kell alakítanunk a szcintillációs mérés technikát sújtólégbiztos kivitelben, mivel a szenek minősítése csak nagy felbontóképességű berendezés és kavernométer alkalmazásával képzelhető el. A sújtólégbiztos szcintillációs detektor kifejlesztését ez évben megkezdtük a Központi Bányászati Fejlesztési Intézetnél, a megfelelő minőségű ideiglenes megoldás biztosítása érdekében azonban kísérleteinket a jelenleg meglévő berendezéseink modernizálása érdekében folytattuk.

A megfelelő amplitúdó dinamika elérése érdekében már korábban más berendezéseinknél (szcintillációs detektálás laboratóriumi és in situ körülmények között) sikeresen alkalmazott Am – 241 sugárforrásnak a MIRAKAR – G2 szondába történő beépítésével próbálkoztunk. Kísérleteink célja annak eldöntése volt, hogy az Am – 241 izotóp és a GM-csőves forrás-detektor összetétel – ami a hazai gyakorlatban újszerűnek bizonyul – milyen amplitúdó dinamikát, impulzushozamot és vertikális felbontóképességet biztosít. A sugárforrás kellő intenzitásértékének a forrás-detektor távolságának, valamint a kollimálás kialakításának meghatározásával elértük, hogy a rendelkezésünkre álló berendezés amplitúdó dinamikája megközelítse a szcintillációs berendezéseket, azaz a fúrás szelvények szelektív gamma illetőleg gamma-gamma karotázis alapján litológiai-lag jobban differenciálhatóvá váljanak.

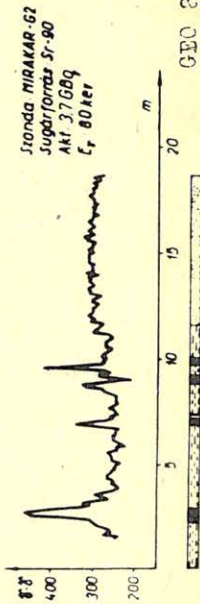
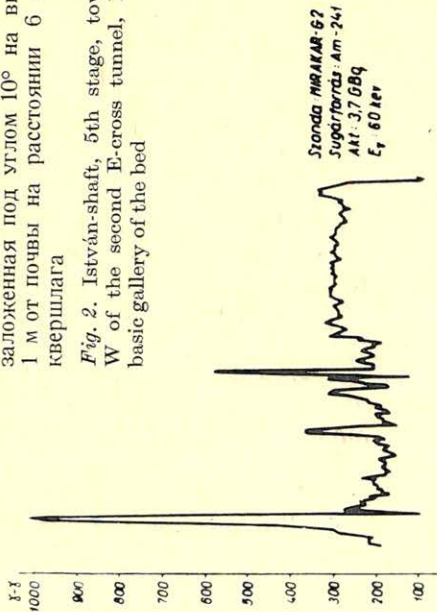
Pécs Bányauzemben végeztük az első összehasonlító méréseket (2. ábra). Ezek a mérések MIRAKAR – G és MIRAKAR – G2 szondával történtek. Az alsó két szelvényen a GM-csőves szondába az eddig alkalmazott Sr – 90 sugárforrás volt beépítve, míg a felső szelvénynél az általunk kialakított Am – 241 sugárforrás. Megállapíthatjuk, hogy ez utóbbi szelvény minden szempontból (impulzushozam, amplitúdó dinamika, vertikális felbontóképesség) a legjobb. Felhívjuk a figyelmet a két meddő réteg közötti különbségre is. A homokos és agyagpalás összlet elválasztása sokkal egyértelműbb, mint az alsó két szelvény esetében.

Hasonló eredményeket értünk el Vasas Bányauzemben is (3. ábra). Itt a rétegsor sokkal változatosabb, mint az előző üzemben volt. Sok esetben meg-

2. ábra. István-akna V. szt. 2. K-i kvgt-től Ny-ra 13. tr-i avgt.

Рис. 2. Разведочная скважина в штреке по пласту № 13. На запад от 2-го восточного квершлага 5-го горизонта шахты Иштван, заложенная под углом 10° на высоте 1 м от почвы на расстоянии 6 м от квершлага

Fig. 2. István-shaft, 5th stage, towards W of the second E-cross tunnel, 13th basic gallery of the bed

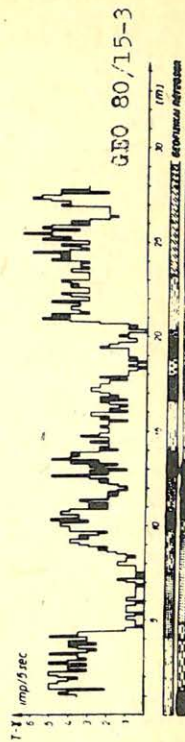
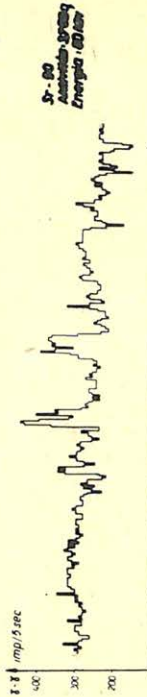
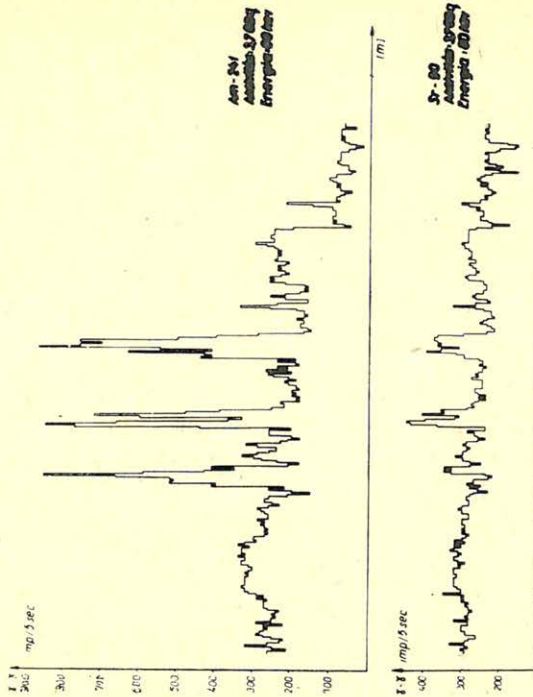


GEO 80/15-2

3. ábra. Vasas IV. szt. 6 tr-i vgt. (6. É-től É-ra) Fedő, kutatás 8. állás 65°.

Рис. 3. Разведочная скважина, пробуренная под углом 65° на штреке по пласту № 4 на север от 6-го северного квершлага шахты «Вашаш»

Fig. 3. Vasas-shaft, 4th stage, 6th gallery of the bed (towards N of the 6th N). 8th hanger investigation, dip: 65°

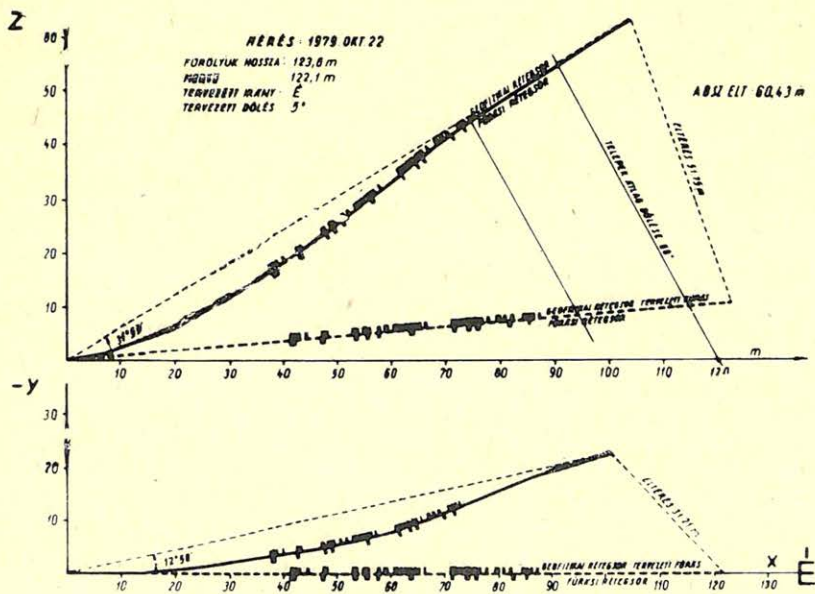


jelenik a szenet követő trachidolerit teleproncsolást végez, gázkitörésveszélyesség szempontjából kimutatása rendkívül fontos. Ezenkívül látható, hogy két teljesen különböző összetételű meddóréteg van a lyuk végén. Bár kaliber szelvény itt sem állt rendelkezésünkre, ezt mégis egyértelműnek tekinthettük, mivel ez a mérés egy legyezőfúrásnak egy részlete, és a különböző dőlésszög alatt fúrt legyezőkből ez a réteg minden esetben kimutatható.

A kötött terjedelem miatt csak utalunk arra, hogy legyező fúrásokból a telepek elhelyezkedését, vastagságát, dőlését, esetleges vető jelenlétét is meghatározzuk. Ehhez viszont feltétlenül szükséges a fúrások tényleges irányának ismerete.

Azimut és ferdeség mérések alkalmazásával megállapítottuk, hogy a fúrások elferdülése nem egyedi jelenség. A fúrási teljesítmények növelése érdekében fokozott talpnyomás, a szelvény rétegzettségének hatására jelentős eltérésekhez vezet. A 4. ábra egy Béta Bányauzemben végzett mérést mutat, hol a fúrás végpontja a tervezett végponttól 50 m-t meghaladóan tért el. Mérőeszközünk mágneses irányszöget mér, melyet átszámítunk a helyi geodéziai rendszerre az $\alpha = \mu + D + \omega_{AB}$ képlet alapján, hol μ a vetületi meridián konvergencia, D a deklináció, ω_{AB} pedig a mágneses irányszög.

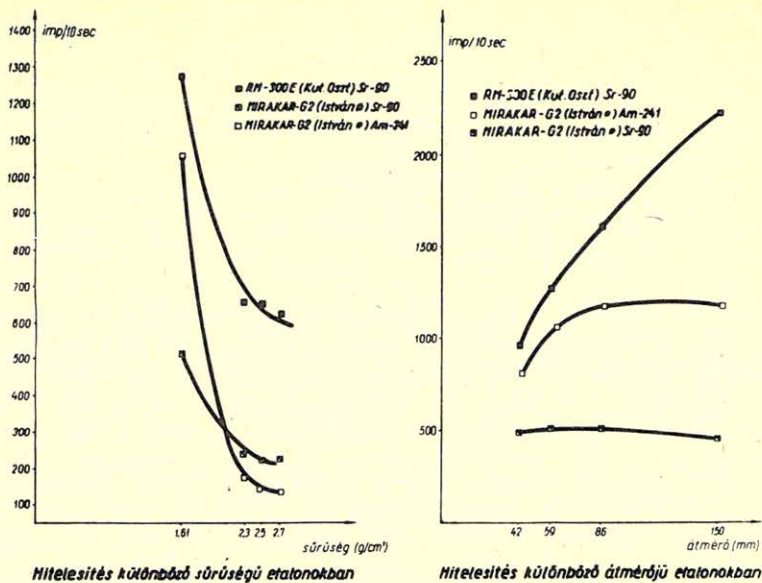
Szólni kívánunk még legfontosabb fejlesztési irányunkról a szenek fúrólyukban történő minősítéséről. Az Általános Bányászati Biztonsági Szabályzat minden 20 cm-nél vastagabb és 50%-nál alacsonyabb hamutartalmú telepet sújtólégveszélyesnek ítél és különféle védekezési eljárásokat ír elő a metánkitörésveszélyes bányákban. Ez rendkívül fontossá teszi a szenek hamutartalmának ismeretét a telepek lefejtése előtt és egyben a készletbecslés alapjául is szolgálhat. A szenek hamutartalmának radioizotópos mérését laboratóriumi körülmények



4. ábra. Azimut és ferdeségmérés Béta Bányauzemben

Рис. 4. Измерение азимута и отклонения на шахте Бета

Fig. 4. Azimuth- and -measurement in the Béta mine



5. ábra. Hitelesítő mérések különböző sűrűségű és átmérőjű etalonokban

Рис. 5. Выверочные измерения в эталонах разной плотности и диаметров

Fig. 5. Calibration measurements in etalons of various density and dimension

között már kidolgoztuk. A méréseknél szintén a lágy gamma sugarakat kibocsátó Am-241 sugárforrást alkalmazzák. A mérőeszköz hitelesítésére egy állandó sűrűségű etalont használunk. Karotázs berendezéseink hamutartalomra történő hitelesítését a MÁELGI-val való szerződés keretén belül legyártásra kerülő sűrűségétalonokban végezzük. Az 5. ábrán a már meglévő etalonokban történt hitelesítési eredményeket mutatjuk be a sűrűség, illetve átmérőváltozás függvényében. Az ábrából megítélhető, hogy a fúrási átmérő megfelelő szintű ismeretében a hamutartalom, ami végeredményben a sűrűséggel és effektív rendszámmal egyaránt korrelál, az ipar számára kellő pontossággal meghatározható. Az elmondottakból következnek a további fejlesztéseink irányát meghatározó feladatok:

Tovább kell fokoznunk mérőeszközeink pontosságát, eredményeink értelmezhetőségét. Ebben segítségünkre lesz a szcintillációs technika és a kavernometria, valamint a számítógépes értékelés. Laboratóriumi vizsgálatokkal kell alátámasztanunk, fokoznunk a litológiai bontás megbízhatóságát a közetfizikai jellemzők változásának előrejelzését. Mindezek megvalósításával – reméljük – lényegesen elősegítjük a bányászati technikai és emberi biztonságát.

A Mecseki Szénbányák Bányakarotázs fejlesztési tevékenysége célirányos. Csak olyan fejlesztési, adaptálási feladatokkal foglalkozik, amelyek megoldása iránt konkrét az igény és amelyek alkalmazása realizálható. Ennek megfelelően a fejlesztési tevékenység – amit a dolgozat anyaga is tükröz – a külszíni karotázs eredmények bányabeli adaptálása a speciális körülmények figyelembevételével. Ez egyaránt vonatkozik a mérési, interpretálási, valamint a számítógépes adatfeldolgozási rendszerekre. Az előadás rövid összefoglalását adja az 1977-es Geofizikai Szimpózium óta eltelt idő eredményeinek.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>П. Миллер, Я. Кажмер, И. Ф. Глимов:</i> Система сбора и обработки навигационно-геофизических данных в реальном масштабе времени на базе ЭВМ ЕС – 1010	201
<i>Т. Бодоки, Л. Дьэрдь, Й. Январь:</i> Роль «кажущейся длины расстановки» при вибросейсмических измерениях	208
<i>К. Ланды, З. Надь:</i> Формирование магнитотеллурического кажущегося опорного горизонта в толще рыхлых отложений	216
<i>Л. Морваи, Т. Векеш, Я. Реннер, Я. Сентеш, Ф. Суног:</i> Применение метода и аппаратуры рентгено-радиометрического каротажа в области добычи цветных руд	223
<i>Надь Дежэне, Ю. Верёцци:</i> Направления и результаты развития горного каротажа в шахтах производственного объединения «Мечекуголь»	234

CONTENTS

<i>I. Glumov, J. Kázmér, P. Müller:</i> Real-time navigation, geophysical data-acquisition and processing system based on the ES – 1010 mini-computer	201
<i>T. Bodoky, L. György, I. Jánvári:</i> Role of „Apparent Spread Length” in vibroseis measurements	208
<i>I. Landy, Z. Nagy:</i> The origin of extra high apparent resistivity magnetotelluric horizons in young sediments	216
<i>L. Morvai, T. Békés, J. Szentesi, F. Szunyogh:</i> Application of the X-ray radiometric method and equipment in coloured ore prospecting	223
<i>Mrs. D. Nagy, J. Verőczy:</i> Trends of development and some results of mining well-logging in the Mecsek Coal Mines	234

MAGYAR GEOFIZIKA

A szerkesztőség címe: 1368 Budapest VI., Anker köz 1. Telefon: 429-754

Kiadja a Lapkiadó Vállalat, 1073 Budapest, Lenin körút 9–11. Telefon: 429-350. Levélcím: 1906 Budapest. Pf. 223

Felelős kiadó: Siklósi Norbert igazgató

80.727. Állami Nyomda, Budapest. Felelős vezető: Bresztovszky Péter igazgató

Terjeszti a MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE

Egyesületi tagoknak tagdíj ellenében

Megjelenik évente hatszor

Index: 26 507

Global