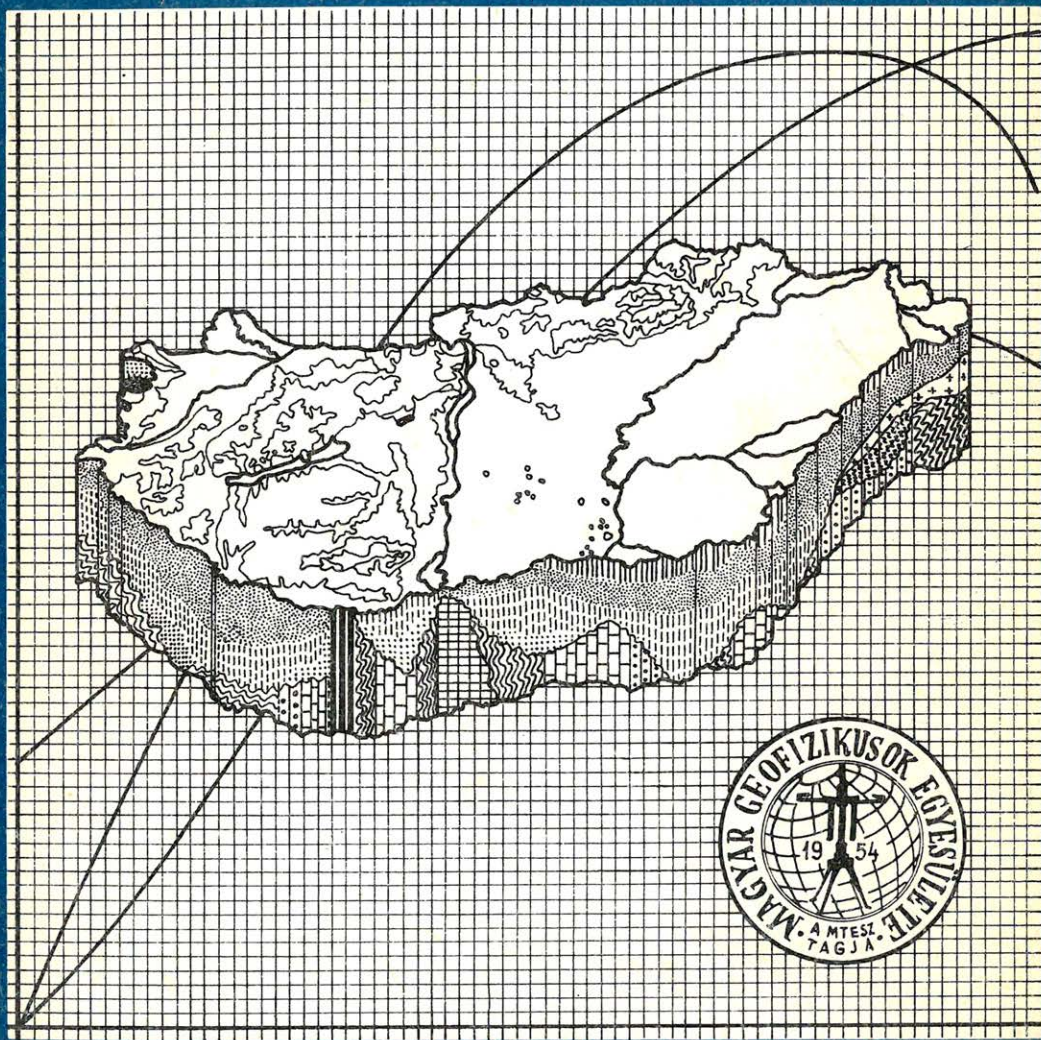


MAGYAR 4 GEOFIZIKA



A MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE FOLYÓIRATA
BUDAPEST, 1982. XXIII. ÉVFOLYAM, 4. SZÁM

TARTALOMJEGYZÉK

| | |
|---|-----|
| <i>Dank V.:</i> A neogén medencealjzatban található szénhidrogén felhalmozódások szerepe réménybeli készleteink felfedezésében | 121 |
| <i>Drahos D.:</i> A karotázs elektromos direkt feladat megoldása sok radiális rétegből álló modellre | 134 |
| <i>Bakai J.:</i> A kőzetösszetétel szeizmikus sebességeloszlásának meghatározása bányabeli mérések alapján | 147 |
| <i>Zsellér P.:</i> Hilbert transzformáció felhasználása reflexiós szeizmikus hullámok pillanatnyi frekvenciáinak meghatározásához | 151 |
| Hírek | 159 |
| Egyesületi hírek | 160 |

Főszerkesztő: Zelei András

Szerkesztő bizottság: Deres János, Kilényi Éva, Meskó Attila, Rádlér Béla, Verő József

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

A neogén medencealjzatban található szénhidrogén-felhalmozódások szerepe reménybeli készleteink felfedezésében*

DANK VIKTOR

A pannoniai medence harmadidőszaki vastag üledékösszetelei alatt elhelyezkedő, bonyolult felépítésű mezozoos paleozoos medencealjzat megismerése és jelentősége folyamatosan növekedett és növekszik napjainkban is.

Egyre több adat és vizsgálati eredmény alapján ismeretes, hogy a mezo-paleozoos pászták sztratigráfiaja, tektonikája a Kárpát-medence fejlődéstörténetének kulcsadatait hordozzák, a fiatalabb képződmények preformált térszínként pedig részben aktív szénhidrogén generálók lehettek, részben ipari jelentőségű felhalmozódások tárolóiként ismeretesek.

A geológiai-geofizikai-geokémiai komplex vizsgálatok egyre nagyobb figyelmet szentelnek a hazai medencealjzat kutatásának.

Prognózisaink szerint a hazai potenciális szénhidrogénkészletek jelentős hányada tárolódik még ezekben a képződményekben.

Постоянно росло, растёт и в наши дни значение и исследование подстилающего мощные третичные осадочные толщи паннонского бассейна, имеющего сложное строение мезозойско-палеозойского фундамента.

На основании всё большего количества данных и результатов конкретных исследований известно, что стратиграфия и тектоника мезо-палеозойских полос содержит в себе основные данные развития Карпатского бассейна, а как предварительно сформировавшийся рельеф более молодых образований с одной стороны фундамент может быть активным генератором углеводородов, с другой стороны известен как коллектор запасов промышленного масштаба.

Комплексные геолого-геофизическо-геохимические исследования всё больше внимания обращают на изучение фундамента на территории страны. На основании прогноза значительная часть потенциальных запасов углеводородов содержится в этих образованиях.

Knowledge and significance of Mesozoic and Palaeozoic basement structures under the thick Tertiary sediments of the Pannonian basin has always been important and its importance still growing.

The ever increasing abundance of data and results of research show that key-information is contained about the evolution of Carpatian-basin in the stratigraphy and tectonic activity of Meso-Palaeozoic belts. Moreover, they could also act as partial hydrocarbon generators and significant cumulators for hydrocarbons.

The geological-geophysical-geochemical complex investigations are playing an ever increasing role in the exploration of basement structures of Hungary.

According to prognostics in Hungary significant share of prospective reserves are hidden in these geological features.

A szénhidrogén-kutatásokkal szemben támasztott népgazdasági követelményt a *Minisztertanács 3328/1973. sz. határozata* fogalmazta meg, mely szerint 1971–1980 közötti két ötéves tervet felölelő időszakban 60 Mt új ipari, ki-termelhető szénhidrogénvagyont kell felfedezni a hazai kutatások során.

Mint utólag immár tudjuk, az *OKGT, GKV, KV, KFV* szakemberei sikeresen teljesítették, sőt túlteljesítették a feladatokat mind a 10 éves periódusra, mind pedig 1976 – 1980 V. ötéves tervidőszakára vonatkozóan.

Ebben az elmúlt 5 éves tervben az összes földtani kutatásra fordított összeg 66%-át tették ki a szénhidrogén-kutatások költségei. Minden kutatásra fordí-

* Elhangzott a 12. Vándorgyűlésen, Szolnokon 1981. november 12-én.

tott forint kerekén 10-szeresen tért meg a felfedezett szénhidrogén-mennyiségek potenciális népgazdasági értékében és 1 t ipari vagyonnövekedésre 214 Ft átlagos kutatási költség jutott. Az összes költség 13%-át tették ki a geofizikai mérésekre fordított kiadások. Azonos módon értékelve, az ország összes ásványi nyersanyag potenciális értékének 55%-át képviselik az V. ötéves terv során felfedezett szénhidrogének.

Tovább fejlesztettük az ország szénhidrogén-földtani modelljét. Az elmúlt tervidőszak ipari kutatásának alapja az 1974-ben készített szénhidrogén-készlet-prognózis, a mostaninak pedig az, melyet az *OKGT* és vállalatai 1979. január 1-i állapotnak megfelelően készítettek el. E szerint a még megtalálandó szénhidrogén készleteinknek 72%-át a neogénben, 4%-át a paleogénben, 4%-át a flis formációban, 20%-át mezo-paleozóos képződményekben valószínűsítjük.

1976–1980 közötti ipari szénhidrogénvagyon növekedésünknek 66%-a neogén, 34%-a mezo-paleozóos képződményekhez kapcsolódik. Ezek az adatok vezetnek át minket a témakörhöz, melynek keretén belül szeretnénk áttekintést adni arról, hogy a szénhidrogén-ipari kutató-termelő szakemberek miért tulajdonítanak egyre nagyobb fontosságot, és fordítanak egyre nagyobb figyelmet a mezo-paleozóos medencealjzatra és annak kutatására.

A továbbiakban a harmadidőszaki képződmények medencealjzatának megismeréstörténetét tekintjük át, értékeljük e képződmények gazdasági jelentőségét és felvázoljuk az előttiünk álló feladatokat, tennivalókat. (Az *I. ábra* térképen mutatja be az ipari jelentőségű paleomezozóos tárolók kőolaj, földgáz, széndioxid előfordulásait.)

A kristályos aljzatban tároló fluidumok megismerésének rövid története kezdettől 1981. IX-ig bezárólag:

A kezdeti földtani készletre vonatkozó elnevezések:

Nagyobb mint 10 Mt kőolaj egyenérték. . . . jelentős előfordulás

(1000 m³ gáz = 1 t kőolaj)

5–10 Mt nagy előfordulás

1–5 Mt közepes előfordulás

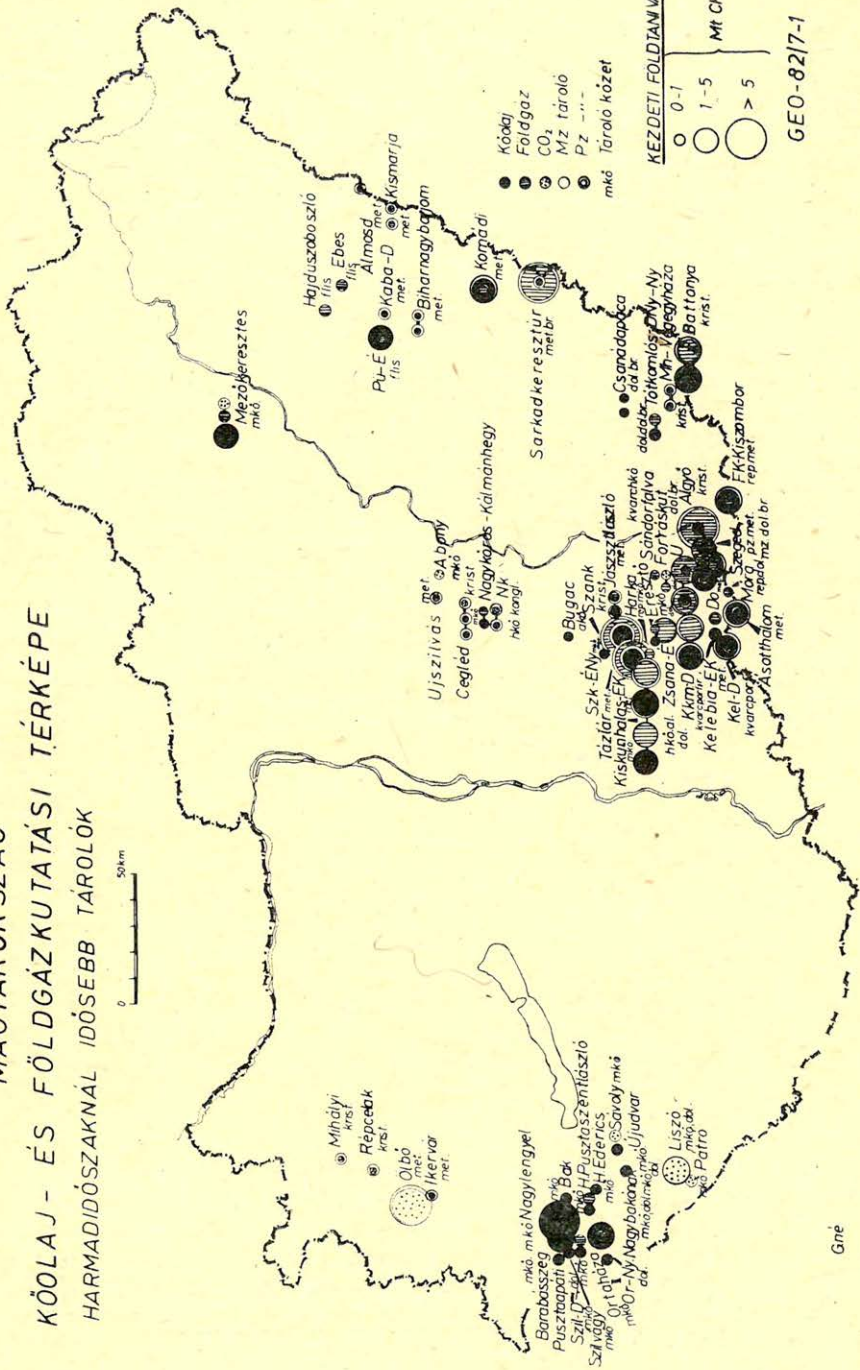
0,5–1 Mt kis előfordulás

0,5 Mt apró előfordulás

? Mt készlet megállapítás folyamatban.

A kutatás során, 1959-ben, Battonya volt az első jelentősebb készletű terület, ahol közepes méretű kőolaj és földgáztelepek tárolnak a medencealjzat kristályos képződményeiben. 1964-ben Szank, 1966-ban Tázlár térségében találtunk közepes kőolaj-, és nagyméretű földgáztelepeket kristályos-metamorf képződmények repedezett felső zónájában. Ezeket követően a Duna – Tiszaközén Algyő, Ásotthalom, Kelebia, Kelebia D., Kiskundorozsma, Ferencszállás K-Kiszombor, Kiskunhalas ÉK, Üllés, Kiskunmajsa D. közepes készletű előfordulások felfedezésének láncolata mutatja, hogy az ipari kutatás figyelme a tapasztalatok folyamatos visszacsatolása révén koncentráltan a metamorf aljzat perspektíváinak felderítése felé fordul, és ezt a koncepciót elméleti kutatásokkal, szerződéses révén megvalósított vizsgálatokkal is alátámasztotta. A kutatások a keleti határ mentén is eredményesek voltak, ahol Sarkadkeresztúr térségében nagykészletű párlatos földgáz előfordulás felfedezésére került sor és eredményes, de készletek szempontjából még nem számszerűsíthető kutatások vannak folyamatban Szeghalom, Barcs Ny., Mezősas térségében is.

MAGYARORSZÁG KŐOLAJ- ÉS FÖLDGÁZKUTATÁSI TÉRKÉPE HARMADIDŐSZAKNÁL IDŐSEBB TÁROLÓK



- Káda
- Földgáz
- CO₂
- Mz taroló
- Pz " " "
- mké taroló közet

KEZDETI FÖLDTANI VÁGTON

○ 0-1
○ 1-5
○ > 5

Mt CH, CO₂

GEO-02/7-1

1. ábra. — Piac. 1. — Fig. 1.

| Sor- szám | Fel- fedezés éve | A terület neve | Kőzet | Pz-tároló | | | Megjegyzés | |
|--------------|------------------------|-------------------------------|------------------|-----------|---------|-----------------|------------------------|----------------------------|
| | | | | kőolaj | földgáz | CO ₂ | Pz-vel együtt tárol | a területen még tárolók |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | 1935 | Mihályi | krist. | — | — | kis | | Pl |
| 2 | 1946 | Répcelak | krist. | — | — | kis | | Pl, M |
| 3 | 1947 | Biharnagybajom | met. | apró | apró | — | +M | Ap, M |
| 4 | 1967 | Nagykörös | hkő. | — | — | — | | |
| 5 | 1959 | Battonya | kongl. | apró | — | kis | +M | Ap, M |
| 6 | 1960 | Mezőhegyes- Végegyháza | krist. | közepes | közepes | — | +Ap | Fp |
| 7 | 1962 | Ikervár | krist. | kis | kis | — | +Ap | Fp, Ap |
| 8 | 1964 | Ólbő | met. | — | apró | — | | M |
| 9 | 1964 | Szank | met. | — | — | nagy | | M |
| 10 | 1965 | Cegléd | krist. | közepes | nagy | — | +M | |
| 11 | 1965 | Algyő | krist. | apró | apró | apró | | |
| 12 | 1966 | Tázlár | met. | közepes | nagy | — | +M | Fp, Ap |
| 13 | 1967 | Ásotthalom | met. | közepes | apró | — | +M | Ap, M |
| 14 | 1968 | Kelebia (ÉK) | met. | kis | apró | — | +M | |
| 15 | 1970 | Kelebia Dél | kvarc- porfir | közepes | apró | — | +M | M |
| 16 | 1971 | Kiskundorozsma | met. | közepes | kis | — | +M | Fp |
| 17 | 1972 | Szeged | met. | kis | apró | — | +M | Ap |
| 18 | 1973 | Ferencszállás-K, Kiszombor | met. | közepes | apró | — | „Ap | Ap |
| 19 | 1974 | Kiskunhalas-ÉK | met. | közepes | közepes | — | +M, Mz | M |
| 20 | 1975 | Komádi | met. | közepes | kis | — | +Ap, +M | Ap, M |
| 21 | 1976 | Üllés | dol. | — | közepes | — | M, Mz | M, Ap, Fp |
| 22 | 1976 | Sarkadkeresztur | met., br. | kis | nagy | — | „M | Ap |
| 23 | 1977 | Újszállás | met. | — | — | apró | | |
| 24 | 1977 | Almosd | met. | — | kis | — | | |
| 25 | 1978 | Jászszentlászló | met. | apró | apró | — | +Ap | |
| 26 | 1978 | Kiskunmajsa-D. | kvarc- porfir | közepes | közepes | — | +Mz | +M |
| 27 | 1978 | Kaba-Dél | met. | apró | — | — | +M | |
| 28 | 1979 | Somogyudvarhely | met. | — | — | ? | | |
| 29 | 1979 | Barcs Nyugat | karbonátos | — | ? | — | | Ap |
| 30 | 1979 | Kismarja | met. | — | apró | apró | | Fp |
| 31 | 1979 | Mezősas | met. | ? | — | — | | |
| 32 | 1980 | Szeghalom | met. br. | ? | ? | — | „M | Ap, M |
| 33 | 1980 | Biharkeresztés | met. | — | — | — | +Ap | |

Rövidítések: Pz paleozoós
Mz mezozoós
M miocén
Ap alsópannon
Fp felsőpannon

krist. kristályos képződmény
met. metamorf képződmény
hkő. homokkő
kongl. konglomerátum
rep. repedezett
dol. dolomit
br. breccsa

Tény az, hogy az ópaleozoós metamorf képződmények kőolaj-földtani, kutatásmethodikai, kutatáskivitelezési geofizikai-fúrási, tárolási, termelési szempontból erősen eltérnek a szemeses homokkő tárolóktól. A vándorgyűlés előadásainak címe és rövid tartalmi kivonata is erről tanúskodik. Más a kutatási koncepció a geofizikai mérés és interpretáció- a kúttelépítés, az információ igény, pontatlanabbak a készletszámítások, rapszódikusabb a termelési viselkedés, más problémakörök kerülnek súlyponti helyzetbe, és másként folyik az egész tevékenység, mint ahogy azt megszoktuk. Ezért, aki nem él benne ebben a munkában, esetleg értelmetlenül szemléli azt, vagy vitat olyan dolgokat, melyek már nem vitathatók mert a gyakorlat igazolta azokat. Mindezt összevetve, ma 33 db kőolaj, ill. földgáz-előfordulást említhetünk, olyanokat, ahol részben már meghatározott készlet tárolódik a metamorf képződményekben, részben olyanokat, melyek már konkrét termelési eredményeket szolgáltattak a rétegvizsgálatok során, de nagyságrendjük még nem határozható meg.

A mezozoikumban képződött kőzetekben tároló fluidumok megismerésének rövid áttekintését adjuk a 2. táblázatban, az előzővel azonos elvek szerint:

2. Táblázat – Таблица 2. – Table 2.

| Sor- szám | Fel- fedezés éve | A terület neve | Kőzet | Pz-tároló | | | Megjegyzés | |
|--------------|------------------------|-------------------------|---------------|-----------|---------|-----------------|------------------------|----------------------------|
| | | | | kőolaj | földgáz | CO ₂ | Pz-vel együtt tárol | a területen még tárolók |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | 1942 | Hahót-Pusztaszentlászló | mészkkő | kis | apró | — | | Pl, M |
| 2 | 1951 | Nagy lengyel | mészkkő | jelentős | — | — | | M |
| 3 | 1951 | Mezőkeresztes | mészkkő | közepes | apró | apró | +Pg | |
| 4 | 1958 | Barabásszeg | mészkkő | közepes | — | — | +M | |
| 5 | 1958 | Szilvagy | mészkkő | apró | — | — | | |
| 6 | 1960 | Nagykőrös-Kálmánhegy | mészkkő | apró | apró | — | | |
| 7 | 1961 | Bak | mészkkő | apró | — | — | | |
| 8 | 1966 | Tótkomlós Ny-DNy | dolomit | apró | apró | — | +Ap | |
| 9 | 1970 | Ortaháza | mészkkő | közepes | apró | — | +M | Ap |
| 10 | 1970 | Bugac | agyagkő | apró | — | — | +M | |
| 11 | 1972 | Abony | mészkkő | — | — | apró | +M | |
| 12 | 1972 | Szeged | dol. br. | közepes | közepes | — | +M, Pz. | Ap |
| 13 | 1972 | Szilvagy Dél | mészkkő | apró | apró | — | | |
| 14 | 1973 | Pusztapaati | mkő, dol. | kis | — | — | | |
| 15 | 1974 | Kiskunhalas-ÉK | mészkkő | közepes | közepes | — | +M, Pz. | M |
| 16 | 1974 | Mórahalom | rep. dol. | — | apró | — | +M | |
| 17 | 1975 | Hahót-Pusztaderics | mészkkő | apró | — | — | Ap | |
| 18 | 1975 | Harka | rep. mkő | — | apró | — | +M | |
| 19 | 1976 | Üllés | dol. | apró | közepes | — | +M, Pz. | M, Ap, Fp |
| 20 | 1976 | Liszó | mkő, dol. | — | — | közepes | | Ap |
| 21 | 1976 | Ortaháza Ny | dol. | apró | — | — | +M | M |
| 22 | 1976 | Pátró | mészkkő | — | — | apró | | Ap |
| 23 | 1976 | Eresztő | mészkkő | apró | apró | — | +M | |
| 24 | 1976 | Csanádapáca | dol. br. | apró | apró | — | +Ap | Ap, Fp |
| 25 | 1977 | Nagybakonak | mkő, dol. | apró | — | — | +M | |
| 26 | 1977 | Szank ÉNy | mkő, m. | apró | — | — | | |
| 27 | 1977 | Forráskút | dol. br. | — | apró | apró | | |
| 28 | 1978 | Kiskunmajsa-Dél | dol. mkő | ? | ? | — | +Pz | +M |
| 29 | 1978 | Csesztreg—I | mkő, dol. | — | ? | — | | |
| 30 | 1978 | Újudvar | mkő, dol. | apró | — | — | | |
| 31 | 1978 | Ruzsa | dol. | — | ? | — | | M |
| 32 | 1978 | Sándorfalva | kvare-homokkő | — | apró | — | | |
| 33 | 1979 | Zsana | hkő, dol. | — | közepes | — | +M | |
| 34 | 1979 | Kiskunhalas-mélyszínt | dol. | — | ? | — | | M |
| 35 | 1980 | Sávoly | mészkkő | kis | — | kis | | Ap |
| 36 | 1980 | Biharugra | mészkkő | — | — | ? | Mz? M? | |

Rövidítések: Pz paleozóos
Mz mezozóos
M miocén
Ap alsópannon
Fp felsőpannon

krist. kristályos képződmény
met. metamorf képződmény
hkő homokkő
kongl. konglomerátum
rep. repedezett
dol. dolomit
br. breccsa

A kutatások folyamán, 1951-ben, a Nagylengyel térségében felfedezett kőolajtelepek mindmáig a legjelentősebb kőolaj-előfordulásunkat reprezentálják. Nagyon sokat vizsgált és vitatott előfordulása ez az országnak, és méltán, mert felfedezésével igen jelentős fejlődésnek indulhatott a magyar szénhidrogénbányászat. Bár az 1935. évi Mihályi CO₂ előfordulás kristályos képződményekben történt felhalmozódásának megismerése korábbi az 1942-ben felfedezett Hahót – Pusztaszentlászló – Söjtör környéki kis és apró méretű mezozóos mészkkő tárolóknál, mégis a repedezett-karbonátos vegyes porozitású összletek kutatása mindig megelőzte perspektivitási reményben a kristályos képződményekét.

Ennek oka elsősorban az, hogy üledék-földtanilag, geokémiailag, sztratigráfiai-lag a nem metamorfizált karbonátos képződmények – mint potenciális anyaközetek is – mindig közelebb álltak a kutatókhoz, és az ismeretanyag is lényegesen gazdagabb ezekről a képződményekről. A nagylengyeli eredményeken kívül (Barabásszeg, Ortaháza, ahol közepes méretű telepeket ismerünk) már 1951-ben Mezőkeresztes térségében, az Alföld területén is közepes készletnagyságú kőolaj tárolót tartunk nyilván, de az apró lelőhelyek után az első közepes méretű kőolaj földgáz tároló felfedezésére 1972-ben, Szeged város alatt került sor, majd ezt követően, ugyancsak a Duna-Tisza közén Kiskunhalas ÉK mezozoós mészkövében szintén közepes méretű kőolaj- és földgáztelepek növelték a kutatási eredményeket. Számos apró előfordulás felfedezése után, 1979-ben, Zsana térségének kutatása az első fázisban a kitérés következtében és a TV-rádió-sajtó jóvoltából az egész ország nyilvánossága előtt zajlott, végül is a mezozoós képződményekre vonatkozóan közepes méretű földgáz-előfordulás megismerésével zárult. 1981. IX-ig bezárólag 36 db lelőhelyet tartunk számon, ahol részben valamelyik kategóriába besorolható készletet ismerünk mezozoós tárolóban, részben rétegvizsgálatokkal bizonyított a telepek jelenléte, de még nem állapítható meg nagyságuk. (Kismarja D, Csesztreg-I., Ruzsa, Kiskunhalas mélysint, Bihar-ugra.)

Külön tartjuk nyilván a paleogén-kréta flis összetétel kutatását és eredményeit. A szintén bonyolult és az előzőktől eltérő kutatási feladatot igénylő flis (flisoid) képződmények vonatkozásában eddig szerényebb eredményekkel dicsekedhetünk. Hajdúszoboszló és Ebes kis-földgáz, Püspökladány É közepes kőolaj- és apró földgáztelepével szerepel. (3. táblázat)

3. táblázat – Таблица 3. – Table 3.

Paleogén – felsőkréta

| A felfedezés éve | A terület neve | Közete | Kőolaj | Földgáz | CO ₂ Pz-vel együtt tárol | A területen még tárolók |
|------------------|----------------------|--------|---------|---------|-------------------------------------|-------------------------|
| 1959 | Hajdúszoboszló | flis | – | kis | – | Fp, Ap, M |
| 1960 | Ebes | flis | – | kis | + M | Fp, Ap |
| 1973 | Püspökladány É | flis | közepes | apró | + M | M |

Rövidítések: Mz mezozoós hkő homokkő O oligocén
Pz paleozoós rep. repedezett Ap alsóppannon
Pg paleogén dol. dolomit Fp felsőppannon
M miocén br. breccsia

A vándorgyűlés, amelyen a kutatók 23 előadásban adnak számot a különböző kutatási területeken elért konkrét eredményekről, a kiértékelés jelenlegi állásáról és további lehetőségeiről, nem teszi szükségtelemmé, hogy röviden, általánosságban összefoglaljuk a geofizikai kutatások jelenlegi helyzetét, közeli és távoli feladatait.

A geofizika szénhidrogén-kutatásban betöltött szerepét ma már a szűkebb szakmán kívüliek is elismerik. Jól megmutatkozott ez 1980-ban, amikor új számítógépünk beszerzését minden OKGT-n kívüli szerv, hatóság is, messzemenően támogatta.

Mindez azt igazolja, hogy helyes volt arra a közösen kialakított útra rátérni, amely modern terepi és feldolgozási eszközök beszerzésében jelölte meg a kiinduló lépést, bízva és remélve azt, hogy a magyar geotudományok művelőinek rátermettsége, alkotókészsége hatékonyan ki tudja használni az eszközökben rejlő lehetőségeket.

Nem szabad azonban azt gondolnunk, hogy egy adott időpontban beszerzett eszközök önmagukban és hosszú távra biztosítják a „világszínvonal” jelző jogos használatát, ha nem gondoskodunk a megjelenő újabb mérőműszerek beszerzéséről, ha a műszerek és számítógép bővületében nem fejlesztjük terepi mérési eljárásainkat, feldolgozási programjainkat, és nem töltjük meg egyre több földtani tartalommal értelmező munkánkat.

Az elmúlt néhány év kutatási eredményei világosan megmutatták, hogy néhány kivételtől eltekintve, eredményesen lehet szeizmikával kimutatni a neogén medencealjzatot, de a neogén összeteten belüli finomabb változásokat is. A kevésbé eredményes kutatások pedig kijelölik, hogy mely területekre kell koncentrálni terepi kísérleti vizsgálódásainkat és fejlesztő tevékenységünket. A következő években azt várjuk geofizikus kollégáinktól, hogy a sztratigráfiai felépítéshez is egyre több adatot szolgáltatassanak, amint a külföldi szaklapok e témában már bemutattak számos eredményes kezdeményezést. Tudjuk azonban azt is, hogy az újra való áttérés kezdetben hibákat eredményez, és hazai tapasztalatok hiányában nem könnyű hullámalak, frekvencia, amplitúdó-, tehát fizikai paraméter változásokat konkrét földtani nyelvre lefordítani.

Elősegíti a továbbhaladást ha a geológusok a szükségszerűen előforduló hibákra nem türelmetlenül reagálnak, hanem az előrelépést, a további kibontakozást látják a geofizikusok igyekezetében, hisz az egymás munkája iránti megértés volt a múltbeli sikerek egyik elősegítője is.

A szénhidrogén-kutatás vezetése nagy reményeket fűz a korszerű karotázs-eszközök beszerzésével a felszíni és mélyfúrású geofizika egymáshoz való közeledésétől is. A modern akusztikus mérések felhasználása a szeizmikus feldolgozásban és értelmezésben, új lendületet adnak a mezőn belüli geofizikai kutatásoknak és várhatóan a mérések egyre nagyobb helyet foglalnak el a felderítő, előzetes és távlatilag a részletező kutatási fázisban is.

A felszíni geofizika erőfeszítései nyomán, teljesítményeit csaknem megduplázva, néhány év alatt pár %-ról, 1981-re 98%-ra növelte szeizmikus méréseinél a 24×-es fedések arányát.

Bízunk abban, hogy nagyobb csatornaszámú mérőeszközök beszerzésével és a teljesítmények tovább fokozásával elkezdődik a 48-as fedésekre való fokozatos áttérés, amely párosulva az új számítógép adta lehetőségek egyre tökéletesebb kihasználásával és új mérési eljárások (VSP) bevezetésével, új távlatokat nyit a medencealjzat kutatásában.

Ha megvizsgáljuk a geofizikai mérések értelmezési eredményeit, a sztratigráfiai vizsgálatok segítségével kialakított tektonikai helyzetképet és a geokémiai kutatásokból leszűrhető tanulságok kiegészítésével folyamatosan korszerűsítjük a földtani modellt láthatjuk, hogy van még keresni-, van még kutatni valónk mind tudományos, mind gyakorlati téren. A tevékenység menete csaknem azonos már régóta, de az eszközök, a módszerek és a tartalom, beleértve a szakemberek óriási értékű szellemi munkáját, folyamatosan magasabb színvonalú:

1. Földtani-kőolajföldtani modell folyamatos korszerűsítése (potenciális készletek, perspektívák, geológiai-geofizikai-geokémiai-kutatások).

2. Kutatási koncepció kialakítása
(hazai és külföldi információk értékelése alapján).
3. Konkrét területeken geofizikai mérések, mélyfúrási tevékenység.
4. A kapott anyagok, mérések, információk vizsgálata, értékelése.
5. Visszacsatolás a földtani-kőolajföldtani modellhez.

A célkitűzés változatlan: új szénhidrogéntelegek felfedezése. Intenzívebb tudományos és gyakorlati együttműködésre van szükség a különböző geo-szakemberek és intézmények között. A tudományos tevékenység a gyakorlati kutatások anyagának vizsgálatával, értékelésével és abból származó új információk visszacsatolásával a földtani modellhez, hathatósan segíti a gyakorlatot, mely munkájának feltételei: a geofizikai műszerek és eszközök, mélyfúró-berendezések és technológiák folyamatos fejlesztése.

E mellett az anyagfeldolgozás, adatfeldolgozás, információk szintézise is rendkívül fontos, de viszonylag lassúbb fejlődésű volt mindmáig. Ugyanez mondható el a méltó színvonalú dokumentálásra, a koncepciók, modellek, eredmények grafikus megjelentetésére, a publikációk átfutási idejére és kivitelezésére.

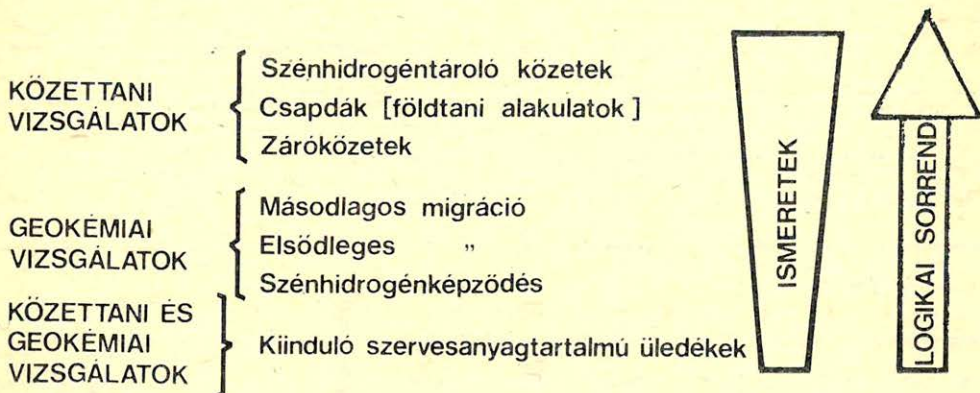
A szénhidrogének kutatása bonyolult folyamat. Az anyaközetek, a tároló képződmények, a szénhidrogén-képződés, érés, első, másodlagos vándorlás, a telep kialakulási feltételek ismerete, mind, mind igen fontos a szénhidrogének kutatásának megtervezése és kivitelezése szempontjából. Valójában a mélységből kapott információk tulajdonképpen statikusak. A felszínre hozott kőzetek, anyagok vizsgálata alapján, valamint a közvetett geofizikai információkból kell a geológusoknak azokat a dinamikus történéseket rekonstruálni, amelyek meghatározzák a telepképződést és megmaradást. (2. ábra) Sajnos a megismerés a logikai iránnyal ellentétesen egyre szerényebb a szénhidrogén-képződés alapfolyamataira vonatkozóan.

Voltaképpen ezek a törekvések fejeződnek ki abban, hogy pl. a kristályos metamorf aljzatot mint potenciális tárolóközetet tekintjük ma már, és nemcsak az egykor atmoszferiliáknak kitett felszínét, hanem a mélyebb (1000 m-es nagyságrendű) zónáit is. Vizsgálni kell azokat a változásokat, melyek a történések folyamatait regisztrálják, és oknyomozó módon rekonstruálni kell azokat a dinamizmusokat, melyek lehetővé tették a tárolóképesség kialakulását a földtörténeti idők folyamán. Megemlíthetem azokat a vizsgálatokat, amelyek azt célozzák megállapítani, hogy adott kőzettek képződésük után milyen mélységeket jártak meg, és hol mennyi időt töltöttek, Mennyi üledék képződött adott intervallumokban és milyen mértékű volt a fedő lepusztulása. Az ásvány-kőzettani vizsgálatokból, a jellemző ásványok jelenlétéből, rétegsorok kimaradásából, fácies-változásokból nagyon sok mindenre tudunk következtetni. A geokémiai vizsgálatok, az érettségi állapotok rekonstruálása nemcsak a szerves anyagra vonatkozóan adnak értékes felvilágosításokat, de tektonikai értelmezéshez, mozgáselemzéshez is új szempontú adatokat szolgáltatnak, melyeknek beépítése a kőolajföldtani modellbe ma már a korszerű kutatások egyik feltétele. Nagyon fontos, hogy a jelentős változásokon túl az egyre finomabb, korábban kevésbé észlelhető jelenségeket is észlelhessük, tanulmányozhassuk, rekonstruálhassuk. Rendkívül lényeges ez a munka nemcsak a tudomány, hanem a gyakorlat szempontjából. Ez látható a 3., 4., 5., 6. ábrákon levő táblázatokon, ma már jelentős tényező az aljzat, mind a mai termelés, mind a perspektívák szempontjából.

Nagyon szép és hasznos munkák születtek már e téren épp itt, a Szolnokon székelő vállalatnál működő kollégák tollából. Jelentős lépést tehattünk éppen a

INFORMÁCIÓINK A SZÉNHYDROGÉNEKRŐL

[Magara. K. 1981. nyomán]



Geo-82/7-2

2. ábra. – Puc. 2. – Fig. 2.

sztratigráfia korszerűsítése területén a *Szentgyörgyi K., Szalay Á., Szentgyörgyi K.-né, Völgyi L., Somfai A., Gajdos I., Pap S., Hajdú D.* munkái nyomán. Nagyon örvendetes, hogy komplex szerzőtársak, geológusok-geofizikusok egyre gyakrabban jelentkeznek: *Varga I., Rumpler J., Tóth J.* De említhetném *Bar-dócz B., Varga I., Németh G., Pogácsás Gy.* nevét is ebben az együttesben.

Rendkívül sokat segítenek az értékelésnek azok a geológiai-geokémiai értelmezések, adaptációk, hazai mérésorozatok megvalósítása, melyek a potenciális szénhidrogén-képződési lehetőségek megítélésére vonatkoznak: *Grasselly Gy., Tóth J., Koncz I., Balázs Á., Sajgó Cs., Vető I., Laczó I., Lőrincz H., Horváth Z., Kókai J., Török J.* és mások. Természetesen a regionális szintézisek szintén rendkívül fontosak a szénhidrogénmodell korszerűsítéséhez. A *Kertai Gy., Körössy L., Szádeczky K. E., Wein Gy., Stegena L., Horváth F., Szalay T.* és mások szintézisei éppúgy beépülnek az ipari kutatók tudatába, mint a *KGST*-tagországokkal együtt készített tanulmányaink, térképeink, szelvényeink, azok a szimpóziumok, kongresszusok, tanácskozások, tudományos ülések, ahol a szakembereknek módjukban van véleményt cserélni, egymás eredményeit megvitatni. Különösen hasznosak azok a komplex rendezvények, mint ez a mostani geofizikai vándorgyűlés az *MFT*-vel és az *OMBKE*-vel közös rendezésben.

Szeretném megragadni az alkalmat itt, hogy felhívjam a figyelmet arra, hogy az 1980-ban, Párizsban megrendezett *Geológiai Világkongresszus* hivatalos szerveinek határozata értelmében az 1985. évi *Neogén Világkongresszus* megrendezési jogát Magyarország kapta meg. Mint társulati tisztségviselő is felhívom a geotudományokat művelő kollégákat az aktív részvételre. De mint régi kőolaj-geológus is azt erősíthetem meg, hogy a medenceterületek földtani fejlődéstörténetének rekonstruálásához az adatok zömével a hazai kőolajipar rendelkezik. Nagyon fontos, hogy ez a hatalmas információhalmaz a kor megkövetelte tudományos szinten és módon kerüljön értékelésre, értelmezésre.

A KEZDETI FÖLDTANI VAGYON ÉS A TERMELES ARÁNYAI 1980-BAN

| | FP+AP+M+O | | Pg + K + Mz + Pz | |
|-------------------------|-----------|----------|------------------|----------|
| | VAGYON | TERMELES | VAGYON | TERMELES |
| KÖOLAJ (100 %) | 64 % | 63 % | 36 % | 37 % |
| FÖLDGÁZ (— " —) | 81 % | 72 % | 19 % | 28 % |
| CO ₂ (— " —) | 92 % | 100 % | 8 % | 0 % |

Geo-82/7-3

3. ábra. — Puc. 3. — Fig. 3.

KÖOLAJ- ÉS FÖLDGÁZTERMELES 1980-BAN

| TÁROLO | KÖOLAJ et | FÖLDGÁZ Gm ³ | CO ₂ Gm ³ |
|------------|-----------------|-------------------------|---------------------------------|
| Fp | 944 | 2.5 | 0.053 0.206 |
| Ap | 236 | 1.8 | |
| M | 105 | 0.325 | |
| O | 22 | 0.002 | |
| | 1.3 Mt 63 % | 4.62 72 % | |
| K + E | - | 0.339 | 0.259 Gm ³ |
| Mz | 490 | 0.106 | |
| Pz | 267 | 1.3 | |
| | 0.76 Mt 37 % | 1.78 28 % | |
| Összesen : | 2064 et | 6.372 Gm ³ | |

Geo-82/7-4

4. ábra. — Puc. 4. — Fig. 4.

KEZDETI FÖLDTANI VAGYON 1981. I. 1.

| TÁROLO | KŐOLAJ | FÖLDGÁZ Gm ³ | CH | CO ₂ Gm ³ |
|------------------|----------------|-------------------------|----------------|---------------------------------|
| Fp | ↑ 64 % ↓ | 97,9 | ↑ 73 % ↓ | 8,9 |
| Ap | | 92,4 | | 13,3 |
| M | | 20,9 | | 25,2 |
| O | | 0,6 | | 0,09 |
| Pg K | ↑ 36 % ↓ | 11,6 | ↑ 27 % ↓ | — |
| Mz | | 6,1 | | 3,3 |
| Pz | | 30,8 | | 0,6 |
| Összesen: | 100 % | 260,3 100 % | 100 % | 51,4 100 % |

Geo-82/7-5

5. ábra. — Puc. 5. — Fig. 5.

IPARI MÉRETŰ VAGYONNAL RENDELKEZŐ LELŐHELYEK 1981. I. 1.

| LELŐHELYEK | FP + AP + M + O | Pg + K + Mz + Pz | ÖSSZESEN |
|------------------|------------------|------------------|--------------------|
| KŐOLAJ | 3 db 4 % | 5 db 11 % | 8 db 7 % |
| KŐOLAJ + FÖLDGÁZ | 26 " 38 " | 27 " 61 " | 53 " 47 " |
| SZABADGÁZ | 34 " 49 " | 11 " 25 " | 45 " 40 " |
| CO ₂ | 6 " 9 " | 1 " 2 " | 7 " 6 " |
| ÖSSZESEN: | 69 db 69% | 44 db 39% | 113 db 100% |

Geo-82/7-6

6. ábra. — Puc. 6. — Fig. 6.

A karotázs elektromos direkt feladat megoldása sok radiális rétegből álló modellre

DRAHOS DEZSÓ*

A szénhidrogénkutatásban használatos elektromos közvetlen modell három homogén fajlagos ellenállású radiális rétegből áll, amelyekből a középső az elárasztott zónát reprezentálja. A valóságban ennek fajlagos ellenállása nem állandó, hanem a fúróllyuktól mért távolsággal változik. Ilyen modellre azonban a direkt feladat megoldása rendkívül bonyolult. Bármilyen elárasztási ellenállás-profil tetszőleges pontossággal megközelíthető lépcsőfüggvénnyel, ami az elárasztott zónának sok vékony radiális réteggel való helyettesítését jelenti. A cikkben egy rekurzív formulát vezetünk le, amellyel a sokrétű probléma egyszerűen oldható meg. Numerikus példákon szemléltetjük a lineáris fajlagos ellenállás hatását különböző laterológ értékek esetében.

Модель электрических свойств породы, применяемая при поисках углеводородов, состоит из трех радиальных слоев с однородным удельным сопротивлением, средний из которых представляет собой затопленную зону. На самом деле удельное сопротивление этой зоны не является постоянным, а меняется с расстоянием от скважины. Однако для такой модели решение прямой задачи чрезвычайно сложно. Любой профиль сопротивления затопления с произвольной точностью может быть аппроксимирован ступенчатой функцией, что означает замену затопленной зоны множеством тонких радиальных слоев. В работе выведена рекурсивная формула, с помощью которой можно просто решить задачу многих слоев. Влияние линейного удельного сопротивления иллюстрируется численными примерами для различных случаев распределения laterологов.

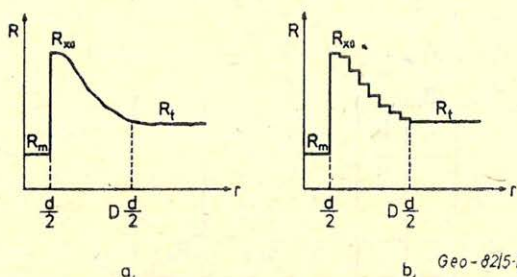
The ideal rock model in electrical well logging consists of three cylindrical layers characterized by constant resistivities. The second layer represents the invaded zone, where under real circumstances, the resistivity changes with the distance from the borehole. The solution of the direct problem for such model is very complicated. Any kind of invasion resistivity profile can be approximated by step functions, i. e. the invasion zone is divided into many cylindrical layers of constant resistivities. In this paper a recursive formula is derived by which the many layer problem can be solved simply. Numerical apparent resistivity values of different laterologs were calculated to show the effect of the linear resistivity profile of the invaded zone.

Bevetetés

A mélyfúrési geofizikában a mérési eredmények kiértékelésére olyan közegmodell használatos, amely egymástól végtelen hosszú koaxiális henger határfelületekkel elválasztott radiális rétegekből áll. Az egyes rétegek homogén fajlagos ellenállásúak. Ez a cilindrikus modell két vagy három rétegből állhat. A két-réteges modellnél a rétegek az iszappal töltött fúróllyuk és az ezen kívül elhelyezkedő érintetlen zóna. Háromréteges esetben az előbb említettek között egy átmeneti réteg van, az elárasztott zóna. Ez permeábilis képződményekben jön létre, ahol az iszapfiltrátum beáramlik a rétegbe és keveréket képez az eredeti rétegtartalommal. Az iszapfiltrátum szaturáció a fúróllyuktól távolodva csökken, majd az elárasztott zóna határánál gyakorlatilag eltűnik. Ez azt jelenti, hogy az elárasztott zóna fajlagos ellenállása nem állandó, hanem a llyuktól mért távolsággal változik (1a. ábra). Ilyen változó fajlagos ellenállású modell feltételezésével hűbben közelíthetjük meg a valóságos viszonyokat. Az elektromos direkt feladat megoldása viszont erre az esetre rendkívül bonyolult, jelenlegi ismeretek

* ELTE Geofizikai Tanszék, Budapest

szerint csak numerikus módszerekkel lehetséges, *Szohranov, (1980)*. Bármilyen radiális fajlagos ellenállású profil megközelíthető azonban lépcsőfüggvénnyel, ami az elárasztott zóna vékony, külön-külön homogén fajlagos ellenállású rétegek sorozatával való helyettesítését jelenti (*Ib. ábra*). A rétegszám növelésével a folytonos profilt tetszőleges pontossággal közelíthetjük meg.



1. ábra. Folytonos fajlagos ellenállás eloszlás az elárasztott zónában (a) és ennek megközelítése lépcsőfüggvénnyel (b). Jelölések: d : a fúróluk átmérője, D : az elárasztott zóna átmérője d egységekből

Рис. 1. Непрерывное распределение удельного сопротивления в зоне проникновения (a) и ее аппроксимация (b) с помощью ступенчатой функции. Обозначения: d – диаметр скважины, D – диаметр зоны проникновения в единицах d

Fig. 1. Continuous specific resistivity profile in the invaded zone (a) and its approximation by step function (b). Abbreviations: d : diameter of the borehole, D : diameter of the invaded zone in units of d

A dolgozatban ezt az utat követve megmutatjuk, hogy hogyan lehet a sokrétű problémát viszonylag egyszerűen megoldani. A módszer az *L. M. Alpin (1938)* *V. N. Dakhnov (1962)* által háromréteges közegre kidolgozott módszer továbbfejlesztése.

A direkt feladat megoldása

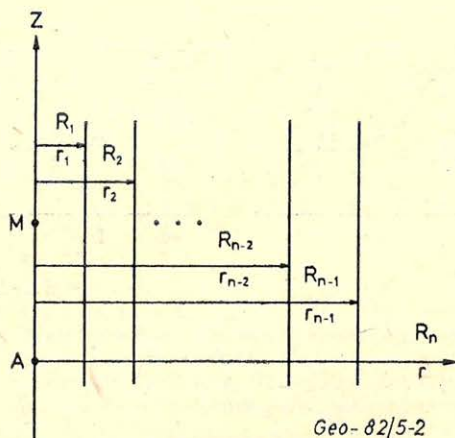
A feladatmegoldás megértéséhez szükséges az *L. M. Alpin* és *V. N. Dakhnov* által háromréteges közegre adott megoldás ismertetése. A sokréteges modell vázlatát a 2. ábrán látható. R_1, R_2, \dots, R_n az egyes radiális rétegek fajlagos ellenállásai, r_1, r_2, \dots, r_{n-1} rétegek közötti henger határfelületek sugarai. A z tengely a fúróluk-tengelye, amelynek kezdőpontjában (A) helyezkedik el az $I = \text{áll.}$ erősségű pontszerű áramforrás. Feladatunk a fúróluk tengelyén, az M pontban az $U_1(z)$ potenciál, illetve az AM szondaelrendezés $R_a(\overline{AM})$ látszólagos fajlagos ellenállás elméleti érték meghatározása ($\overline{AM} = |z| = L$).

1. Az U potenciál függvény ki kell elégítse a Laplace-egyenletet, az A pont kivételével:

$$\Delta U = 0. \quad (1)$$

Mivel a modell és az áramtér forgásszimmetrikus, a potenciál csak az r és z változók függvénye. Ilyenkor célszerű a hengerkoordinátákkal felírt Laplace-egyenletet használni:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial z^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial U}{\partial r} \right) = 0. \quad (2)$$



2. ábra. Az n -réteges modell vázlatja. R_1, R_2, \dots, R_n az egyes radiális rétegek fajlagos ellenállásértékei; r_1, r_2, \dots, r_{n-1} a henger-határfelületek sugarai

Рис. 2. Схема модели, состоящей из слоев. R_1, R_2, \dots, R_n значения удельных сопротивлений отдельных радиальных слоев; r_1, r_2, \dots, r_{n-1} значения радиусов ограничивающих цилиндрических поверхностей

Fig. 2. Sketch of the n -layer model, R_1, R_2, \dots, R_n are the specific resistivities of the layers and r_1, r_2, \dots, r_{n-1} are the radii of the cylindrical boundaries

2. Az A áramforráshoz közeledve, a potenciál az R_1 fajlagos ellenállású végtelen homogén közegben fellépő potenciált közelíti:

$$U_1 \rightarrow \frac{I R_1}{4\pi} \frac{1}{\sqrt{r^2 + z^2}}, \quad \text{ha} \quad \sqrt{r^2 + z^2} \rightarrow 0. \quad (3)$$

3. A réteghatárokon a potenciál és az áramsűrűség normális komponense folytonos. Az i -edik réteghatáron:

$$U_i(r_i) = U_{i+1}(r_i),$$

$$\frac{1}{R_i} \frac{\partial U_i}{\partial r} \Big|_{r=r_i} = \frac{1}{R_{i+1}} \frac{\partial U_{i+1}(r)}{\partial r} \Big|_{r=r_i}. \quad (4.a-b)$$

4. Az áramforrástól végtelen távolságban a potenciál nullához tart az alábbi módon:

$$U_n \rightarrow \frac{I R_n}{4\pi} \frac{1}{\sqrt{r^2 + z^2}}, \quad \text{ha} \quad \sqrt{r^2 + z^2} \rightarrow \infty. \quad (5)$$

5. A közegben kialakuló áramtér-szimmetria miatt a potenciál a z változó szerint páros függvény:

$$U(r_1, -z) = U(r, z). \quad (6)$$

Ezek után írjuk fel a potenciált két függvény szorzataként:

$$U = f(r) \cdot g(z),$$

ezt behelyettesítve a (2) differenciálegyenletbe, a következő alakra jutunk:

$$\frac{g''}{g} + \frac{f''}{f} + \frac{1}{r} \frac{f'}{f} = 0.$$

Mivel g csak z -nek, f csak r -nek függvénye, a fenti differenciálegyenlet két külön egyenletre esik szét:

$$f'' + \frac{1}{r} f' - m^2 f = 0 \quad \text{és} \quad g'' + m^2 g = 0.$$

Az első egyenletnek az $I_0(mr)$ és a $K_0(mr)$ módosított Bessel-függvények lineárkombinációi, a másik egyenletnek pedig a $\sin(mz)$, $\cos(mz)$ függvények lineárkombinációi lesznek a megoldásai.

A $\sin(mz)$ nem tesz eleget az 5. feltételnek, ezért az ezt tartalmazó megoldásokat el kell hagyni. Az összes m értéket számításba véve, a potenciál az i -edik rétegben a következő:

$$U_i(r, z) = \int_0^{\infty} [A_i(m) I_0(mr) + B_i(m) K_0(mr)] \cos(mz) dm. \quad (7)$$

A (4.a) feltétel következtében $n-1$ algebrai egyenletet kapunk, amelynek általános alakja

$$A_i(m) I_0(m r_i) + B_i(m) K_0(m r_i) = A_{i+1}(m) I_0(m r_i) + B_{i+1}(m) K_0(m r_i). \quad (8)$$

Hasonlóképpen $n-1$ egyenlet származik a (4.b) feltétel kielégítéséből:

$$\frac{1}{R_i} [A_i(m) I_1(m r_i) - B_i(m) K_1(m r_i)] = \frac{1}{R_{i+1}} [A_{i+1}(m) I_1(m r_i) - B_{i+1}(m) K_1(m r_i)], \quad (9)$$

ahol

$$\frac{d I_0(x)}{dx} = I_1(x) \quad \text{és} \quad \frac{d K_0(x)}{dx} = -K_1(x).$$

$I_1(x)$ és $K_1(x)$ az első- és másodfajú elsőrendű módosított Bessel-függvények. A (3) és (5) feltételek miatt $B_1(m)$ és $A_n(m)$ értékét célszerű az alábbi módon választani:

$$B_1(m) = \frac{I R_1}{2\pi^2} \quad \text{és} \quad A_n(m) = 0.$$

Ezek után az ismeretlen együttható függvények a következők lesznek:

$$A_1(m), A_2(m), \dots, A_{n-1}(m) \\ B_2(m), \dots, B_{n-1}(m), B_n(m);$$

amelyek teljes száma $2(n-1)$, így ezek meghatározhatók a (8) és (9) egyenletek segítségével. Vezessünk be új együttható függvényeket $A_i(m)$ és $B_i(m)$ helyett a következő módon:

$$C_i(m) = \frac{2\pi^2}{I R_1} A_i(m) \quad \text{és} \quad D_i(m) = \frac{2\pi^2}{I R_1} B_i(m).$$

$$\begin{aligned} C_1 I_0(x_1) - C_2 I_0(x_1) - D_2 K_0(x_1) &= -K_0(x_1) \\ C_1 \frac{I_1(x_1)}{R_1} - C_2 \frac{I_1(x_1)}{R_2} + D_2 \frac{K_1(x_1)}{R_2} &= \frac{K_1(x_1)}{R_1} \\ C_2 I_0(x_2) + D_2 K_0(x_2) - C_3 I_0(x_2) - D_3 K_0(x_2) &= 0 \\ C_2 \frac{I_1(x_2)}{R_2} - D_2 \frac{K_1(x_2)}{R_2} - C_3 \frac{I_1(x_2)}{R_3} + D_3 \frac{K_1(x_2)}{R_3} &= 0 \\ \dots & \vdots \\ C_{n-2} I_0(x_{n-2}) + D_{n-2} K_0(x_{n-2}) - C_{n-1} I_0(x_{n-2}) - D_{n-1} K_0(x_{n-2}) &= 0 \\ C_{n-2} \frac{I_1(x_{n-2})}{R_{n-2}} - D_{n-2} \frac{K_1(x_{n-2})}{R_{n-2}} - C_{n-1} \frac{I_1(x_{n-2})}{R_{n-1}} + D_{n-1} \frac{K_1(x_{n-2})}{R_{n-1}} &= 0 \\ C_{n-1} I_0(x_{n-1}) + D_{n-1} K_0(x_{n-1}) - D_n K_0(x_{n-1}) &= 0 \\ C_{n-1} \frac{I_1(x_{n-1})}{R_{n-1}} - D_{n-1} \frac{K_1(x_{n-1})}{R_{n-1}} + D_n \frac{K_1(x_{n-1})}{R_n} &= 0 \end{aligned} \quad (10)$$

Az új ismeretlenekkel felírt egyenletrendszerben (10) az egyszerűség kedvéért $C_i(m)$ és $D_i(m)$ argumentumát elhagytuk és a Bessel-függvények argumentumában $x_i = mr_i$. Ezek után az i -edik rétegben a potenciál a következő:

$$U_i(r, z) = \frac{I R_1}{2\pi^2} \int_0^{\infty} [C_i(m) I_0(mr) + D_i(m) K_0(mr)] \cos(mz) dm,$$

az első rétegben pedig

$$U_1(r, z) = \frac{I R_1}{2\pi^2} \int_0^{\infty} [C_1(m) I_0(mr) + K_0(mr)] \cos(mz) dm. \quad (11)$$

Az integrál második tagját analitikusan meg lehet határozni, mivel igaz az alábbi kifejezés (Weber – Lipschitz-integrál):

$$\frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} K_0(mr) \cos(mz) dm = \frac{1}{\sqrt{r^2 + z^2}}. \quad (12)$$

Felhasználva ezt az egyenletet, az U_1 potenciál a fúróluk tengelyében

$$U_1(r = 0, z) = \frac{I R_1}{2\pi^2} \left\{ \frac{\pi}{2} \frac{1}{|z|} + \int_0^{\infty} C_1(m) \cos(mz) dm \right\} \quad (13)$$

lesz, mivel $I_0(0) = 1$.

Ebből a kifejezésből származtathatók az ismert látszólagos fajlagos ellenállás kifejezések.

Ideális potenciál szondára:

$$R_a^P = R_1 \left\{ 1 + \frac{2L}{\pi} \int_0^{\infty} C_1(m) \cos(mL) dm \right\}. \quad (14)$$

Ideális gradiens szondára:

$$R_a^G = R_1 \left\{ 1 + \frac{2L^2}{\pi} \int_0^{\infty} C_1(m) \sin(mL) dm \right\}. \quad (15)$$

A (14), (15) kifejezésekben először a $C_1(m)$ együttható függvényt kell meghatározni ahhoz, hogy azután az R_a^P , R_a^G látszólagos fajlagos ellenállás értékeket megkapjuk.

Homogén végtelen izotrop fajlagos ellenállású közegben a C_1 függvény azonosan nulla, vagyis a látszólagos fajlagos ellenállás megegyezik a közeg fajlagos ellenállásával. Ha kétréteges közeget tekintünk, a (10) egyenletrendszer a következő két egyenletre egyszerűsödik:

$$C_1 I_0(x_1) - D_2 K_0(x_1) = -K_0(x_1) \quad (16)$$

$$C_1 \frac{I_1(x_1)}{R_1} + D_2 \frac{K_1(x_1)}{R_2} = \frac{1}{R_1} K_1(x_1),$$

ahonnan

$$C_1 = \frac{(R_2 - R_1) K_0(x_1) K_1(x_1)}{R_1 I_0(x_1) K_1(x_1) + R_2 I_1(x_1) K_0(x_1)}. \quad (17)$$

A módosított Bessel-függvényekre igaz az alábbi azonosság:

$$I_0(x) K_1(x) + I_1(x) K_0(x) = \frac{1}{x}, \quad (18)$$

amelynek felhasználásával

$$C_1 = \frac{(R_2 - R_1) K_0(x_1) K_1(x_1)}{(R_2 - R_1) I_1(x_1) K_0(x_1) + \frac{R_1}{x_1}} \quad (19)$$

lesz.

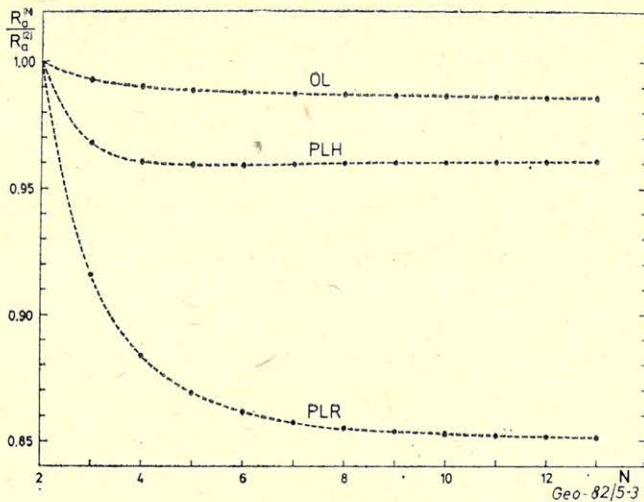
A rétegszám növekedtével C_1 kifejezése egyre bonyolultabbá, nehezen kiértékelhetővé válik. A következőkben egy rekurziós formulát vezetünk le, amely segítségével a C_1 függvény meghatározása tetszőleges rétegszám esetén is egyszerű feladat.

A Cramer-szabály szerint a C_1 ismeretlen függvény az n -rétegből álló modellre a következő módon fejezhető ki:

$$C_1^{(n)} = \frac{\delta_1^{(n)}}{\delta_2^{(n)}}, \quad (20)$$

$$\delta_1^{(n)} = \begin{array}{cccccccc} -K_0(x_1) & -I_0(x_1) & -K_0(x_1) & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \frac{K_1(x_1)}{R_1} & \frac{I_1(x_1)}{R_2} & \frac{K_1(x_1)}{R_2} & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & \frac{I_0(x_2)}{R_2} & \frac{K_0(x_2)}{R_2} & -I_0(x_2) & -K_0(x_2) & \dots & 0 & 0 \\ 0 & \frac{I_1(x_2)}{R_2} & \frac{K_1(x_2)}{R_2} & \frac{I_1(x_2)}{R_3} & \frac{K_1(x_2)}{R_3} & \dots & 0 & 0 \end{array} \quad (21)$$

$$\delta_2^{(n)} = \begin{array}{cccccccc} 0 & \dots & I_0(x_{n-2}) & K_0(x_{n-2}) & -I_0(x_{n-2}) & -K_0(x_{n-2}) & 0 & 0 \\ 0 & \dots & \frac{I_1(x_{n-2})}{R_{n-2}} & \frac{K_1(x_{n-2})}{R_{n-2}} & \frac{I_1(x_{n-2})}{R_{n-1}} & \frac{K_1(x_{n-2})}{R_{n-1}} & 0 & 0 \\ 0 & \dots & 0 & 0 & I_0(x_{n-1}) & K_0(x_{n-1}) & -K_0(x_{n-1}) & \frac{R_n}{K_1(x_{n-1})} \\ 0 & \dots & 0 & 0 & \frac{I_1(x_{n-1})}{R_{n-1}} & \frac{K_1(x_{n-1})}{R_{n-1}} & -\frac{R_{n-1}}{K_1(x_{n-1})} & \frac{R_n}{K_1(x_{n-1})} \\ I_0(x_1) & -I_0(x_1) & -K_0(x_1) & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \frac{I_1(x_1)}{R_1} & \frac{I_1(x_1)}{R_2} & \frac{K_1(x_1)}{R_2} & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & I_0(x_2) & K_0(x_2) & -I_0(x_2) & -K_0(x_2) & \dots & 0 & 0 \\ 0 & \frac{I_1(x_2)}{R_2} & \frac{K_1(x_2)}{R_2} & \frac{I_1(x_2)}{R_3} & \frac{K_1(x_2)}{R_3} & \dots & 0 & 0 \\ 0 & \dots & I_0(x_{n-2}) & K_0(x_{n-2}) & -I_0(x_{n-2}) & -K_0(x_{n-2}) & 0 & 0 \\ 0 & \dots & \frac{I_1(x_{n-2})}{R_{n-2}} & \frac{K_1(x_{n-2})}{R_{n-2}} & \frac{I_1(x_{n-2})}{R_{n-1}} & \frac{K_1(x_{n-2})}{R_{n-1}} & 0 & 0 \\ 0 & \dots & 0 & 0 & I_0(x_{n-1}) & K_0(x_{n-1}) & -K_0(x_{n-1}) & \frac{R_n}{K_1(x_{n-1})} \\ 0 & \dots & 0 & 0 & \frac{I_1(x_{n-1})}{R_{n-1}} & \frac{K_1(x_{n-1})}{R_{n-1}} & -\frac{R_{n-1}}{K_1(x_{n-1})} & \frac{R_n}{K_1(x_{n-1})} \end{array} \quad (22)$$



3. ábra. A lineáris fajlagos ellenállás lefutású elárasztott zóna megközelítése különböző számú vékony réteggel. Vízszintes tengelyen az N rétegszám; függőleges tengelyen pedig az egyes laterológ látszólagos ellenállások $N = 2$ esettel normált értékei vannak. Jelölések: *OL*: optimális laterológ; *PLR*: rövid pszeudolaterológ; *PLH*: hosszú pszeudolaterológ. A vizsgált modell paramétereit: $d = 0,2$ m, $R_m = 1 \Omega$ m, $R_{x_0} = 10 \Omega$ m, $D = 8$, $R_t = 100 \Omega$ m

Рис. 3. Аппроксимация зоны проникновения с линейным удельным сопротивлением при помощи различного числа тонких слоев. На горизонтальной оси указано число слоев N , на оси ординат значения кажущихся сопротивлений отдельных laterологов, нормированные на случай $N = 2$. Обозначения: *OL* – оптимальный laterолог, *PLR* – короткий псевдолaterолог, *PLH* – длинный псевдолaterолог. Параметры исследуемой модели: $d = 0,2$ м, $R_m = 1$ омм, $R_{x_0} = 10$ омм, $D = 8$, $R_t = 100$ омм

Fig. 3. Approximation of the linear specific resistivity profile of the invaded zone by thin layers. The figure shows the apparent resistivities of different laterologs as the function of the number of layers (N). The apparent resistivities are normalized by the apparent resistivity obtained for the case of $N = 2$. Abbreviations: optimal laterolog (*OL*), short pseudolaterolog (*PLR*) and long pseudolaterolog (*PLH*). The parameters of the model are $d = 0.2$ m, $R_m = 1 \Omega$ m, $R_{x_0} = 10 \Omega$ m, $D = 8$ and $R_t = 100 \Omega$ m

ahol $\delta_1^{(n)}$ és $\delta_2^{(n)}$ a (10) egyenletrendszer együtthatóiból és az egyenletrendszer jobb oldalából megfelelően alkotott determinánsok, amelyek szerkezete a (21) illetve (22) sorszámú képletekben vizsgálható. Fejtsük ki $\delta_1^{(n)}$ -et és $\delta_2^{(n)}$ -et kettővel alacsonyabbrendű aldeterminánsaik segítségével:

$$\delta_1^{(n)} = - \left[\frac{I_1(x_1) K_0(x_1)}{R_2} + \frac{I_0(x_1) K_1(x_1)}{R_1} \right] \delta_1^{(n)} + \left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} \right) K_0(x_1) K_1(x_1) \delta_2^{(n-1)} \quad (23)$$

és

$$\delta_2^{(n)} = \left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} \right) I_0(x_1) I_1(x_1) \delta_1^{(n-1)} - \left[\frac{I_0(x_1) K_0(x_1)}{R_2} + \frac{I_1(x_1) K_0(x_1)}{R_1} \right] \delta_2^{(n-1)}, \quad (24)$$

ahol a $\delta_1^{(n-1)}$ és $\delta_2^{(n-1)}$ determinánsok szerkezete a (25) és (26) képletekben vizsgálható. A (20) formula szerint $C_1^{(n)}$ kifejezhető $\delta_1^{(n-1)}$ és $\delta_2^{(n-1)}$ -nel:

$$\delta_1^{(n-1)} = \begin{array}{cccccccc} -K_0(x_2) & -I_0(x_2) & -K_0(x_2) & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \frac{K_1(x_2)}{R_2} & \frac{I_1(x_2)}{R_3} & \frac{K_1(x_2)}{R_3} & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & \frac{I_0(x_3)}{R_3} & \frac{K_0(x_3)}{R_3} & -I_0(x_3) & -K_0(x_3) & \dots & 0 & 0 \\ 0 & \frac{I_1(x_3)}{R_3} & \frac{K_1(x_3)}{R_3} & \frac{I_1(x_3)}{R_4} & \frac{K_1(x_3)}{R_4} & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & \dots & -I_0(x_{n-2}) & -K_0(x_{n-2}) & \dots & 0 & 0 \\ 0 & \dots & \dots & \frac{I_1(x_{n-2})}{R_{n-2}} & \frac{K_1(x_{n-2})}{R_{n-2}} & \dots & 0 & 0 \\ 0 & \dots & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & \dots & \dots & 0 & 0 & \dots & -K_0(x_{n-1}) & \frac{K_1(x_{n-1})}{R_n} \end{array} \quad (25)$$

$$\delta_2^{(n-1)} = \begin{array}{cccccccc} I_0(x_2) & -I_0(x_2) & -K_0(x_2) & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \frac{I_1(x_2)}{R_2} & \frac{I_1(x_2)}{R_3} & \frac{K_1(x_2)}{R_3} & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & \frac{I_0(x_3)}{R_3} & \frac{K_0(x_3)}{R_3} & -I_0(x_3) & -K_0(x_3) & \dots & 0 & 0 \\ 0 & \frac{I_1(x_3)}{R_3} & \frac{K_1(x_3)}{R_3} & \frac{I_1(x_3)}{R_4} & \frac{K_1(x_3)}{R_4} & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & \dots & -I_0(x_{n-2}) & -K_0(x_{n-2}) & \dots & 0 & 0 \\ 0 & \dots & \dots & \frac{I_1(x_{n-2})}{R_{n-2}} & \frac{K_1(x_{n-2})}{R_{n-2}} & \dots & 0 & 0 \\ 0 & \dots & \dots & 0 & 0 & \dots & -K_0(x_{n-1}) & \frac{K_1(x_{n-1})}{R_n} \\ 0 & \dots & \dots & 0 & 0 & \dots & \frac{K_0(x_{n-1})}{R_{n-1}} & \frac{K_1(x_{n-1})}{R_{n-1}} \end{array} \quad (26)$$

$$C_1^{(n)} = \frac{-\left[\frac{I_1(x_1) K_0(x_1)}{R_2} + \frac{I_0(x_1) K_1(x_1)}{R_1}\right] \delta_1^{(n-1)} + \left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}\right) K_0(x_1) K_1(x_1) \delta_2^{(n-1)}}{\left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}\right) I_0(x_1) I_1(x_1) - \left[\frac{I_0(x_1) K_1(x_1)}{R_1} + \frac{I_1(x_1) K_0(x_1)}{R_1}\right] \delta_2^{(n-1)}} \quad (27)$$

Ha összehasonlítjuk $\delta_1^{(n-1)}$ és $\delta_2^{(n-1)}$ szerkezetét $\delta_1^{(n)}$ illetve $\delta_2^{(n)}$ szerkezetével, azt tapasztaljuk, hogy $\delta_1^{(n-1)}$ és $\delta_2^{(n-1)}$ hányadosa is C_1 függvény, amely az $R_2, r_2, R_3, r_3, \dots, r_{n-1}, R_n$ paraméterekkel jellemzett modellre vonatkozik. Ezt beláthatjuk úgy is, hogy a (10) egyenletrendszert a fenti paraméterekkel megadott modellre felírjuk és ekkor a megfelelő determinánsok a $\delta_1^{(n-1)}$ illetve $\delta_2^{(n-1)}$ lesznek. Tehát

$$C_1^{(n-1)} = \frac{\delta_1^{(n-1)}}{\delta_2^{(n-1)}} \quad (28)$$

Ezek után (27)-ben a számlálót és nevezőt elosztva $\delta_2^{(n-1)}$ -nel és a (18) azonosság alkalmazásával $C_1^{(n)}$ kifejezhető $C_1^{(n-1)}$ -nel:

$$C_1^{(n)} = \frac{\left[(R_2 - R_1) I_0(x_1) K_1(x_1) + \frac{R_1}{x_1}\right] C_1^{(n-1)} + (R_2 - R_1) K_0(x_1) K_1(x_1)}{(R_2 - R_1) I_0(x_1) I_1(x_1) C_1^{(n-1)} + (R_2 - R_1) I_1(x_1) K_1(x_1) + \frac{R_1}{x_1}} \quad (29)$$

A (29) képlet egy rekurziós formula, amely megadja a kapcsolatot $C_1^{(n)}$ és $C_1^{(n-1)}$, valamint az első réteg R_1, r_1 paramétereinek között. A fentiek alapján nyilvánvaló, hogy $C_1^{(n-1)}$ előállítható egy $C_1^{(n-2)}$ függvényből és a második réteg R_2, r_2 paramétereiből. Fokozatosan folytatva a rétegek belülről kifelé való lebontását, végül eljutunk a $C_1^{(1)}$ függvényhez, amely az R_n fajlagos ellenállású homogén végtelen közegre vonatkozik. Ellenőrizzük a formula helyességét úgy, hogy állítsuk elő a kétréteges modellre vonatkozó $C_1^{(2)}$ függvényt. Ekkor $n = 2$ és $C_1^{(1)} = 0$. Ezt behelyettesítve (29)-be, visszakapjuk a (19) képletet. Ezzel a matematika teljes indukciós bizonyítási módszerével igazoltuk a rekurziós összefüggés általános érvényességét. Az n -réteges modell $C_1^{(n)}$ függvényét előállító formula a következő:

$$C_1^{(i+1)} = \frac{\left[(R_{n-i+1} - R_{n-i}) I_0(x_{n-i}) K_1(x_{n-i}) + \frac{R_{n-i}}{x_{n-i}}\right] C_1^{(i)} + (R_{n-i+1} - R_{n-i}) K_0(x_{n-i}) K_1(x_{n-i})}{(R_{n-i+1} - R_{n-i}) I_0(x_{n-i}) I_1(x_{n-i}) C_1^{(i)} + (R_{n-i+1} + R_{n-i}) I_1(x_{n-i}) K_0(x_{n-i}) + \frac{R_{n-i}}{x_{n-i}}} \quad (30)$$

ahol $C_1^{(1)} = 0$, és a formulát $(n-1)$ -szer kell alkalmazni az i index alábbi értékeire:

$$i = 1, 2, \dots, n-1.$$

Az elárasztott zónában lineáris fajlagos ellenállású és az azt helyettesítő $R_i = const.$ modellekre kapott látszólagos fajlagos ellenállás értékek összehasonlítása különböző laterolog elrendezéseknél

Сравнение кажущегося удельного сопротивления, определенного для моделей с $R_i = const.$ и сопротивления, соответствующего зоне проникновения с функцией линейного удельного сопротивления

Comparison of the apparent resistivities of different laterologs for linear resistivity profile and for constant resistivity in the invaded zone. The connection between the two types of models is $R_i = (R_{x0} + R_t)/2.$

| D | R_{x0} | R_t | D | R_i | R_t | R_a (OL) | R_a (PLR) | R_a (PLH) |
|-----|----------|-------|-----|-------|-------|------------|-------------|-------------|
| 2 | 10 | 1 | | | | 1,6 | 2,6 | 2,2 |
| | | | 2 | 5,5 | 1 | 1,6 | 2,4 | 2,1 |
| 4 | 10 | 1 | | | | 2,5 | 4,3 | 4 |
| | | | 4 | 5,5 | 1 | 2,2 | 3,6 | 3,5 |
| 8 | 10 | 1 | | | | 3,7 | 5,8 | 6 |
| | | | 8 | 5,5 | 1 | 3,1 | 4,2 | 4,7 |
| 2 | 100 | 10 | | | | 17,9 | 21,2 | 25,5 |
| | | | 2 | 55 | 10 | 17 | 20 | 24 |
| 4 | 100 | 10 | | | | 28,6 | 33,6 | 43,7 |
| | | | 4 | 55 | 10 | 25,1 | 29,1 | 37,8 |
| 8 | 100 | 10 | | | | 41,2 | 43,4 | 63,9 |
| | | | 8 | 55 | 10 | 33,5 | 33,8 | 50,1 |
| 2 | 10 | 50 | | | | 44,6 | 29,3 | 49,9 |
| | | | 2 | 30 | 50 | 45 | 29,7 | 50,3 |
| 4 | 10 | 50 | | | | 40,2 | 22,3 | 41,4 |
| | | | 4 | 30 | 50 | 41,4 | 25,5 | 43,2 |
| 8 | 10 | 50 | | | | 35 | 16,8 | 31,2 |
| | | | 8 | 30 | 50 | 37,2 | 23,7 | 37,5 |
| 2 | 10 | 100 | | | | 90,3 | 50,8 | 100,3 |
| | | | 2 | 55 | 100 | 91,1 | 51,6 | 101,2 |
| 4 | 10 | 100 | | | | 80 | 37,6 | 81,2 |
| | | | 4 | 55 | 100 | 82,6 | 34,8 | 84,9 |
| 8 | 10 | 100 | | | | 67,6 | 26,5 | 57,3 |
| | | | 8 | 55 | 100 | 72,3 | 40,3 | 71,7 |

A (14) és (15) képletekben előírt integrálok numerikus kiértékeléséhez hasznos ismerni a $C_1^{(n)}$ függvény aszimptotikus viselkedését. Az aszimptotikus összefüggések, amelyek (30)-ból származtathatók, a következők:

$$C_1^{(n)} \rightarrow \sum_{i=1}^{n-1} \frac{R_{i+1} - R_i}{R_1} K_0(x_i), \quad \text{ha } m \rightarrow 0$$

és

$$C_1^{(n)} \rightarrow 0, \quad \text{ha } m \rightarrow \infty.$$

Numerikus példák

Elméleti látszólagos fajlagos ellenállás értékeket számoltunk lineáris fajlagos ellenállás profillal jellemzett elárasztott zóna esetére. A lineáris profilt azonos vastagságú, homogén fajlagos ellenállású radiális rétegek sorozatával közelítettük meg. A vizsgált elrendezések az optimális laterolog, rövid pszeudolaterolog és a hosszú pszeudolaterolog. Először azt tanulmányoztuk, milyen finom felosztást kell választani ahhoz, hogy a lineáris ellenállás profilt elegendően jól megközelítsük. A $d = 0,2 m$, $D = 8$, $R_m = 10m$, $R_{x_0} = 100m$ és $R_t = 100 \Omega m$ paraméterekkel megadott modellre számítottuk a látszólagos fajlagos ellenállás elméleti értékét $N = 2, 3, \dots, 13$ számú réteggel közelített elárasztási ellenállás profilra. Ezek az $N = 2$ -es felosztással normált értékeit tartalmazza a 3. ábra az N rétegszám függvényében. Az eredmények szerint az optimális és a hosszú pszeudolaterolog látszólagos ellenállás értéke gyorsan konvergál, míg a sekély behatolású rövid pszeudolaterolognál hasonló mértékű megközelítéshez finomabb felosztásra van szükség.

A következő vizsgálat célja a nonhomogenitás hatásának mérése. Itt két modellt hoztunk egymással kapcsolatba, az egyiknél az elárasztott zóna ellenállás lineáris lefutású (nyolcreteges közelítéssel), míg a másiknál konstans. Az utóbbinál az állandó R_i értéket úgy választottuk, hogy az a lineáris ellenállás profil kezdő és végértékének számtani közepe: $R_i = (R_{x_0} + R_t)/2$. A lyukátmérő és iszap fajlagos ellenállás itt is $d = 0,2 m$ és $R_m = 1 \Omega m$. A nonhomogenitás hatást az ily módon megadott modellekre számított látszólagos értékek eltéréseivel mérjük.

Az 1. táblázatban közölt eredmények alapján látható, hogy az eltérés sekély elárasztásnál ($D = 2$) elhanyagolható. A hatás közepes elárasztásnál növekszik, és legnagyobb relatív eltéréseket mély ($D = 8$) elárasztásnál kapunk. Az effektusra legérzékenyebb a sekély behatolású rövid pszeudolaterolog.

Következtetések

1. A vizsgált lineáris fajlagos ellenállás lefutású modell csupán egy a lehetséges modellek közül, a nem homogén fajlagos ellenállású elárasztott zóna első megközelítése. A számítási módszer előnye, hogy segítségével tetszőleges ellenállásprofilra megoldható a direkt feladat.

2. A számítások eredményei szerint a vizsgált hatás sekély és közepes elárasztási mélységeknél nem számottevő, tehát a gyakorlati esetek nagy részénél jó közelítés homogénnek tekinteni az elárasztott zónát. Amennyiben az elárasztott zóna szerkezetének vizsgálata a cél, akkor sekély behatolású elektromos szondákat kell használni, illetve konstruálni.

3. A direkt feladat ilyen módszerrel történő megoldása alkalmazható egyéb fizikai terek, mint például elektromágneses, termikus, diffúziós stb. leírására is.

- Alpin, L. M.*: A fúrások elektromos szelvényezésének elmélete: (oroszul), ONTI, Moszkva, 1938.
- Barlai Z.*: Fúrólukban végzett geofizikai vizsgálatok speciális problémái, I. kötet NIMDOK, Budapest, 1971.
- Dakhnov, V. N.*: Geophysical Well Logging: Quaterly of Colorado School of Mines, v. 57, No. 2. 1962. (Translated by George V. Keller).
- Drahos D., Salát P.*: Application of the linear filter theory in the direct and indirect interpretation of geoelectrical and well logging measurements, Annales Univ. Sci, Budapestinensis R. Eötvös Nom. Sec. Geol, Tom. XVII., p. 133 – 152.
- Szohranov, N. N., Zaharov E. V., Jarmakov I. G.*: A valóságos fajlagos ellenállás eloszlású eláraszott zóna hatása a BKZ-mérések eredményeire: (oroszul) Prikladnaja Geofizika, vip. 97, 1980. p. 201 – 209.

A kőzetösszlet szeizmikus sebességeloszlásának meghatározása bányabeli mérések alapján

BAKAI JÁNOS*

A mélyművelésű bányákban a kőzetösszlet szeizmikus sebességviszonyainak megismerése a biztonságos bányaművelés szempontjából fontos feladat, mivel a kőzetek szeizmikus sebessége, illetve azok megváltozása utal a feszültségrendeződési folyamatokra.

A dolgozat egy olyan számítási módszert mutat be, amely a kőzetösszlet sebességeloszlását szeizmikus átvilágítás adataiból határozza meg.

Опознавание распределение скоростей сейсмических волн в породах глубоких шахт является важной задачей, потому что скорость сейсмических волн и их изменение говорит о перераспределении напряжений.

В данной работе дается такой вычислительный способ, с помощью которого на основании данных сейсмических просвечивания определяется распределение сейсмических скоростей в породах.

The investigation of seismic velocity conditions in rock mass is an important task for deep working mines, because seismic velocity of rocks or its change refers to the stress rearrangement processes.

The paper demonstrates a method which calculates the velocity distribution of the rock mass from seismic transmission data.

Az elmúlt években a szeizmikus kutatási módszereket mind gyakrabban alkalmazzák a közvetlen föld alatti kutatások eszközeként. Ilyen vonatkozásban kettős feladatot tűznek a szeizmika elé: egyrészt földtani-földszerkezeti problémák megoldását várják, másrészt fontos szerepet kap a biztonságot és gazdaságosságot optimálisan megvalósító bányaművelés-irányításban. E feladatok teljesítése a mecseki kőszénbányászatban különösen fontos, mivel itt a bányaművelést a rendkívül bonyolult földtani körülmények mellett az is nehezíti, hogy a kőszéntelepek többsége gázkitörésveszélyes, és ez a veszély a bányaművelés térben és időben való előrehaladásától nagymértékben függ.

Bányászati tapasztalat, hogy a kőzetösszlet azon helyein, ahol a művelés hatására a kőzetek feszültsége, csökken, a gázkitörésveszély kisebb, illetve meg is szűnik, míg a megnövekedett nyomású zónák fokozott veszélyt jelentenek. A kőzetösszlet feszültségviszonyainak és azok változásának meghatározásával lehetőség nyílik a fokozottan gázkitörésveszélyes, és a már veszélytelenné vált helyek megismerésére, a bányaterek helyének kedvező megválasztására. Ezt a célt tűzi maga elé a mecseki szénbányákban kifejlesztett és a *Mecseki Szénbányák* és a *Központi Bányászati Fejlesztési Intézet* szabadalmi tulajdonát képező új bányaművelés irányítási rendszer (COMINA-rendszer).

Ismert, hogy a kőzetekben terjedő rugalmas hullámok sebességét alapvetően a kőzet anyagi minősége szabja meg. Ezt az alapállapotot módosítják a kőzetek feszültségviszonyai. Így a bányatérsegek sebességviszonyainak meghatározásából következtethetünk az ott uralkodó feszültségállapotokra, a sebességviszonyok megváltozásából pedig a feszültségváltozásra.

* Mecseki Szénbányák, Pécs

A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet a Mecseki Szénbányák megbízásából olyan számítási módszert dolgozott ki, amely a kőzetösszlet szeizmikus átvilágításának adataiból számítja ki a sebességeloszlást. [1, 2, 3]

A számítás eredményeként az érintett bányatérség sebességviszonyait rácszerűen, az egyes rácspontokban megadott sebességértékekkel jellemzi.

E tanulmányban a szeizmikus átvilágítás adataiból a kőzetösszlet sebességeloszlását az eddig használt eljárásoktól eltérően, polinom alakban meghatározó módszer matematikai alapjait írjuk le.

A szeizmikus átvilágítás során a bányatérsegekkel, fúrólukakkal közrefogott kőzetösszlet különböző pontpárjai között mérjük a szeizmikus hullám átfutási idejét.

A sebességfüggvény számításához M pontpár között mért átfutási idő áll rendelkezésünkre.

Vizsgáljuk meg egy adott pontpár $- P_0(x_0, y_0)$ és $P_v(x_v, y_v)$ - esetén a sebességeloszlás, a szeizmikus hullám $P_0 - P_v$ pontok közötti sugárútja és az átfutási idő közötti összefüggést.

Jelölje: az $x - y$ sík sebességeloszlását $v(x, y)$;
 $P_0 - P_v$ pontok közötti sugárutat $s(x, y)$;
 $P_0 - P_v$ pontok között a szeizmikus hullám átfutási idejét t .

$P_0 - P_v$ pontok között az átfutási idő:

$$t = \int_{P_0}^{P_v} \frac{ds}{v(x, y)}.$$

Legyen

$$n(x, y) = \frac{1}{v(x, y)}.$$

Ekkor

$$t = \int_{P_0}^{P_v} n(x, y) ds \quad (1)$$

alakban kapjuk az átfutási időt.

$n(x, y)$ -t közelítsük az alábbi polinommal

$$n(x, y) = a_0 + a_1 x + a_2 y + \dots + a_k x^{n-j-1} y^j,$$

ahol:

$$k = \frac{n(n-1)}{2} + j,$$

azaz:

$$n(x, y) = \sum_{n=1}^1 \sum_{j=0}^{n-1} a_k \cdot x^{n-j-1} y^j.$$

Vezessük be az alábbi jelölést:

$$A_k = \int_{P_0}^{P_v} x^{n-j-1} y^j ds. \quad (2)$$

Így

$$\int_{P_0}^{P_v} n(x, y) ds = \sum_{k=0}^N a_k \cdot A_k \quad (3)$$

ahol:

$$N = [(l-1) \cdot (l+2)]/2$$

(3)-t (1)-be behelyettesítve

$$a_0 A_0 + a_1 A_1 + \dots + a_N A_N = t$$

$N+1$ ismeretlenes egyenletet kapunk. A megbízható eredmény érdekében, a_k együtthatók számításához $M > N+1$ számú mérési eredmény felhasználásával az alábbi túlhatározott egyenletrendszer megoldása szükséges.

$$\begin{aligned} a_0 \cdot A_{0,1} + a_1 \cdot A_{1,1} + a_2 \cdot A_{2,1} + \dots + a_N A_{N,1} &= t_1 \\ a_0 \cdot A_{0,2} + a_1 \cdot A_{1,2} + a_2 \cdot A_{2,2} + \dots + a_N A_{N,2} &= t_2 \\ \vdots & \\ a_0 \cdot A_{0,M} + a_1 \cdot A_{1,M} + a_2 \cdot A_{2,M} + \dots + a_N A_{N,M} &= t_M \end{aligned} \quad (4)$$

ahol a t_g a g -edik, $P_{0,g}$ és $P_{v,g}$ pontok között mért átfutási idő, $A_{k,g}$ pedig az erre a sugárútra (2) egyenlet alapján számított érték.

A (4) egyenletrendszer felállításához szükséges (2) egyenlet alapján számítható $A_{k,g}$ értékeket csak a sugárutak ismeretében tudjuk kiszámítani. Mivel $s(x, y)$ sugárút függvénye a sebességeloszlásnak, $n(x, y)$ -t, így $v(x, y)$ sebességfüggvényt is csak közelítő eljárással, több lépésben tudjuk meghatározni.

Első közelítésként tételezzük fel, hogy a $P_0 - P_v$ pontok közötti sugárút egyenes.

Ekkor $s(x, y)$ egyenlete:

$$y = m_0(x - x_0) + y_0$$

ahol

$$m_0 = \frac{y_v - y_0}{x_v - x_0}$$

Az elemi úthossz:

$$ds = \sqrt{dx^2 + dy^2}$$

$$dy = m_0 dx$$

helyettesítéssel

$$ds = dx \sqrt{1 + m_0^2}$$

Ezek felhasználásával a (2) és (4) egyenlet alapján számítható $A_{k,g}$:

$$A_{k,g} = \sqrt{1 + m_0^2} \sum_{i=0}^j \binom{j}{i} \frac{m_0^{j-i} [m_0(y_0 - x_0)]^i}{n-i} (x_{v,g}^{n-i} - x_{0,y}^{n-i})$$

$A_{k,g}$ ismeretében (4) egyenletrendszer megoldása $n(x, y)$ mely a valós eloszlás első közelítése.

A további lépésekben a sugárutakat mindig az előzőleg számított $v(x, y)$ sebességeloszlás alapján határozzuk meg. A sugárutak ismeretében (2) egyenlet

alapján $A_{k,g}$ kiszámítható. $A_{k,g}$ behelyettesítésével a (4) egyenletrendszer megoldása adja a valóságos sebességeloszlás újabb közelítését.

A számítást mindaddig folytatjuk, amíg az egyes sugárutakra a mért és a számított sebességértékek alapján meghatározott átfutási idők különbsége az általunk megadott hibahatáron belül van.

Az előzőekben ismertetett módszer kidolgozását az tette szükségessé, hogy a jelenleg használatos eljárásokkal szemben nem csak két, hanem három dimenziós sebességeloszlás esetén is alkalmazható.

Folyamatban van a módszer felbontóképességének és számítási időigényének megállapítása számítógépes modellezéssel.

IRODALOM

- [1] *Dianiska László – Hermann László – Verbőci József*: Bányabeli szeizmikus sebességeloszlás meghatározása a feszültségeloszlás megváltozásának követéséhez. Előadás. Ifjú Szakemberek Ankétja, 1981. március 26 – 27. Visegrád.
- [2] *Bois, P. – La Porte, M. – Lavergne, M. – Thomas, G.*: Essai de détermination automatique des vitesses sismiques par mesures entre puits. Geophysical Prospecting 1971, Vol. 19., No. 1.
- [3] Sebességter meghatározása bányabeli szeizmikus mérések adataiból. MAELGI jelentés a Mecseki Szénbányákkal kötött együttműködési szerződés 1979 – 80. évi munkáiról.

Hilbert-transzformáció felhasználása reflexiós szeizmikus hullámok pillanatnyi frekvenciáinak meghatározásához

Z S E L L É R P É T E R*

A szeizmikus időszelvényeken látható hullámok pillanatnyi frekvenciáinak megváltozása gyakran kapcsolatba hozható a szénhidrogének jelenlétével. A szénhidrogén-tároló rétegeken áthaladó hullám domináns frekvenciája csökken. A Hilbert-transzformáció segítségével ezek a frekvenciacsökkenések felismerhetők.

A cikkben ismertetjük — az irodalomból egyébként régóta ismert — Hilbert-transzformációt és bemutatunk egy módszert a pillanatnyi frekvenciáknak a Hilbert-transzformáció segítségével történő meghatározására.

Наблюдаемое на сейсмических временных разрезах изменение мгновенной частоты часто можно приурочить к возможному присутствию углеводородов. Уменьшается доминирующая частота распространяющихся через содержащие углеводороды слои волн. С помощью преобразования Гильберта можно распознать это снижение частот.

В статье описывается в литературе уже давно известное преобразование Гильберта и показывается метод определения мгновенных частот с помощью преобразования Гильберта.

The change of the instantaneous frequencies of the reflections can be frequently connected to the presence of the hydrocarbons. The dominant frequency of the waves penetrating through the layers containing hydrocarbons decreases. This frequency decrease can be detected by the help of the Hilbert transform.

In this paper we introduce the Hilbert transform which is well known from the literature and we show a method for determination of the instantaneous frequencies by the use of the Hilbert transform.

Hilbert-transzformáció

Azt a szűrőt, ami a sinust a periódushossztól függetlenül áttranszformálja cosinus függvényé, 90° -os fázistoló szűrőnek, vagy másnéven kvadratúra szűrőnek szokás nevezni. Konkrétabban, ez egy olyan szűrő, melynek a bemenetére $\cos(\omega t + \Phi)$ alakú jelet adva, a kimeneten $\cos\left(\omega t + \Phi + \frac{\pi}{2}\right)$ jelenik meg.

Ez a szűrő felhasználható például egy időfüggvény burkológörbéjének a kiszámításához. Legyen $X(Z)$ egy valós idősor z -transzformáltja, $Q(Z)$ a kvadratúra szűrő és legyen a kvadratúra szűrővel történt szűrés eredménye $Y(Z) = Q(Z) \cdot X(Z)$. A burkoló időfüggvény a következőképpen definiálható:

$$e_t = \sqrt{x_t^2 + y_t^2}.$$

Ebből a felírásból visszafele indulva adódik, hogy készíthetünk egy olyan komplex idősort, melynek abszolút értéke éppen e_t lesz. Ez az idősor: $u_t = x_t + iy_t$. Ennek z -transzformáltja: $U(Z) = X(Z) + iY(Z) = [1 + iQ(Z)] \cdot X(Z)$. Ennél az írásmódnál láthatjuk, hogy az $u_t \bar{u}_t$ jelenti a burkológörbét.

* Geofizikai Kutató Vállalat, Budapest

A kvadratúra szűrő felhasználható az ún. pillanatnyi frekvenciák meghatározására is. Az u_t komplex értékű függvényt a következőképpen is írhatjuk:

$$u_t = \sqrt{e_t} \exp(j\Phi_t),$$

ahol $\Phi_t = \arctan\left(\frac{y_t}{x_t}\right) = \omega t + \Phi$. Ennek az idő szerinti deriváltja éppen a frekvencia: $\frac{d\Phi_t}{dt} = \omega$.

Készítsük el ezt a 90° -os fázistolást végző szűrőt. A szűrőt frekvenciatartományban könnyű felírni:

$$Q(\omega) = -i \frac{\omega}{|\omega|}.$$

Készítsük el ennek az időtartománybeli megfelelőjét:

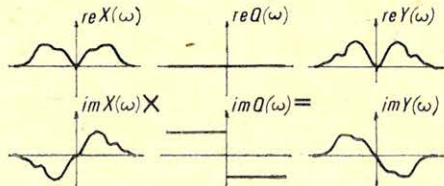
$$q_n = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} Q(\omega) e^{-i\omega n} d\omega = \frac{i}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} e^{-i\omega n} d\omega - \frac{i}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} e^{-i\omega n} d\omega =$$

$$= \frac{i}{2\pi n} (-1 + e^{in\pi} + e^{-in\pi} - 1) = \begin{cases} 0, & \text{ha } n \text{ páros} \\ -\frac{2}{\pi n}, & \text{ha } n \text{ páratlan.} \end{cases}$$

A művelet végrehajtása frekvenciatartományban a következőképpen történhet. Tegyük fel, hogy a bemenet tiszta valós, $x_t + i0$ alakú. Ezt transzformáljuk át frekvenciatartományba és szorozzuk be a $Q(\omega)$ lépésfüggvénnyel. (1. ábra) A szorzás eredményeként egy olyan, szintén tiszta valós értékű csatornát kapunk, melynek valós frekvenciaspektruma a bemeneti spektrum képzetes részéből, a képzetes rész pedig a bemenet valós részéből épül fel.

Ezt a szűrési műveletet Hilbert-transzformációnak, a vele előállított 90° -os fázistolású csatornát pedig kvadratúra csatornának nevezzük.

Térjünk vissza a cikk elején használt $1 + iQ(Z)$ szűrőhöz. Ennek segítségével az x_t tiszta valós időfüggvényből egy olyan u_t komplex időfüggvényt készíthetünk, melynek valós része maga az x_t lesz, képzetes része pedig x_t Hilbert-transzformáltja. (2. ábra)

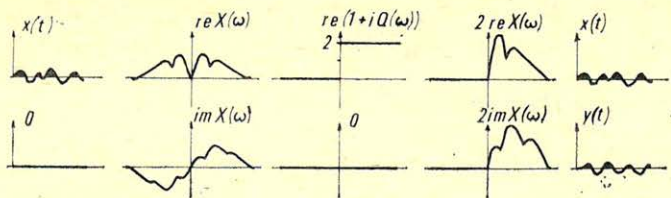


Geo 82/14-1

1. ábra. A 90° -os fázistolás megvalósítása frekvenciaszűréssel

Рис. 1. 90° -ый сдвиг фазы частотной фильтрацией

Fig. 1. Realisation of the 90° phase shifting by frequency filtering



2. ábra. Komplex értékű csatorna előállítás az $x(t)$ valós értékű csatornából. A komplex csatorna valós része azonos a bemeneti $x(t)$ csatornával, az imaginárius részét pedig az $x(t)$ Hilbert transzformációjával nyertük

Рис. 2. Составление комплексного канала по каналу $x(t)$. Действительная часть комплексного канала одинакова с каналом на входе $x(t)$, мнимая часть получается преобразованием Гильберта $x(t)$

Fig. 2. Determination of the complex trace from the real $x(t)$ input trace. The real component of the complex trace is equal to the $x(t)$ input trace and the imaginary part we get by the Hilbert transform of the $x(t)$

Az időtartománybeli operátor vizsgálata

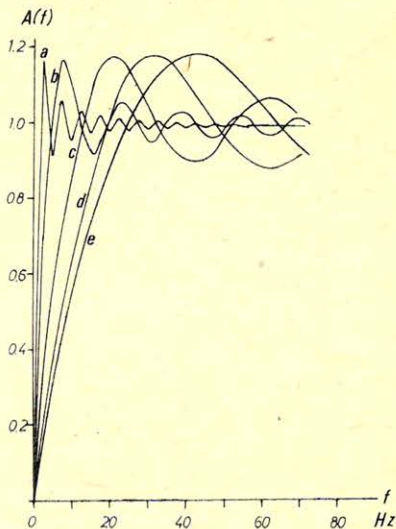
Mint már az előző részben láttuk, a Hilbert-transzformáció időtartománybeli végrehajtásához szükséges operátor $1/n$ szerint csökken. Ez a csökkenés igen lassú, ezért az ideális operátor igen hosszú lenne. Vizsgáljuk meg, hogyan változik meg az operátorhossz függvényében a levágott végű operátor átvitele. Az átvitelt vizsgáljuk az amplitúdó és a fázisspektrum segítségével. Ideális esetben az amplitúdóspektrumnak minden frekvencián egységnyinek, a fázisnak pedig 90° -nak kellene lenni.

A q_n operátor Fourier-transzformáltját felírva rögtön láthatjuk, hogy a transzformációból a cos-os tagok kiesnek, a q_n függvény páratlansága miatt.

3. ábra. Időtartományban, véges pontszámú operátorral végzett Hilbert transzformáció átviteli függvénye. Az operátor félhossza az ábrán látható jelölések szerint: $a = 101$, $b = 31$, $c = 11$, $d = 7$, $e = 5$ pont

Рис. 3. Переходная функция преобразования Гильберта проведенного во временной области оператором с конечным числом точек. Половина длины оператора дана обозначениями на рисунке: $a = 101$, $b = 31$, $c = 11$, $d = 7$, $e = 5$ точек

Fig. 3. Transfer function of the time domain operator of the Hilbert transform, where the number of the operator elements is limited. The half lengths of the operators are: $a = 101$, $b = 31$, $c = 11$, $d = 7$, $e = 5$ samples

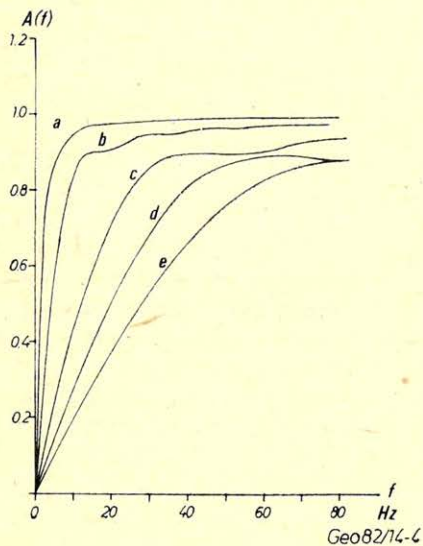


Geo 82/14-3

Ez tehát azt jelenti, hogy az operátornak a kívánt 90° -os fázistolása az operátorhossz változásától függetlenül mindig fennáll. Probléma csak az amplitúdó-spektrummal van.

A 3. ábrán különböző operátorhosszak esetén láthatjuk a szűrő amplitúdó-spektrumát. Vegyük észre, hogy az amplitúdóspektrum ingadozása olyan nagy, hogy az semmiképpen sem engedhető meg. Jellegzetes tünet, hogy az operátorhossz növelésével a torzulás nagysága nem csökken, csupán a frekvenciája nő, illetve a lecsengése gyorsabb.

A 4. 5. és 6. ábrákon látható esetekben az operátor végét nem egyszerűen levágtuk, hanem az operátorhossz csökkentését egy csonkítófüggvénnyel való beszorzás útján valósítottuk meg. Az ábrákon látható esetekben a csonkító-



4. ábra. Háromszögfüggvénnyel csonkított operátor átviteli függvénye. A görbék jelölése megegyezik a 3. ábrán alkalmazottal. A csonkítófüggvény a következő alakú:

$$\left(1 - \frac{|k|}{N}\right); (k = -N \dots N)$$

Рис. 4. Переходная функция оператора срезанного треугольной зависимостью. Обозначения соответствуют обозначениям рисунка 3. Форма фильтра:

$$\left(1 - \frac{|k|}{N}\right); k = -N \dots N.$$

Fig. 4. Transfer function of the operator truncated by a triangular function. The signature of the curves is the same as on the Fig. 3. The truncating function is: $(1 - |k|/N)$, where $k = -N, \dots, N$

5. ábra. Gauss-görbével csonkított operátor átviteli függvénye. A görbék jelölése megegyezik a 3. ábrán alkalmazottal. A csonkítófüggvény a következő alakú:

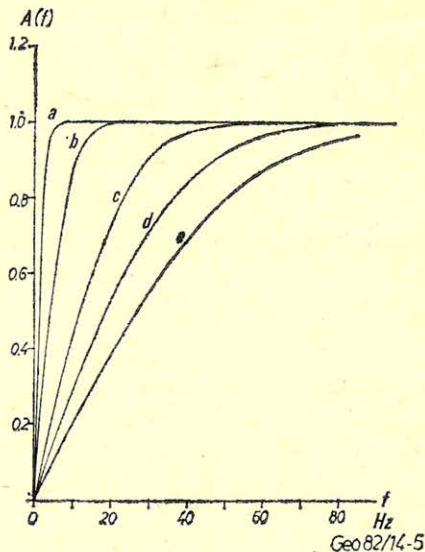
$$\exp\left(-0.3 \frac{k^2}{N^2}\right); (k = -N \dots N)$$

Рис. 5. Переходная функция оператора срезанного кривой Гаусса. Обозначения соответствуют обозначениям рисунка 3. Форма фильтра:

$$\exp\left(-0.3 \frac{k^2}{N^2}\right); k = -N \dots N.$$

Fig. 5. Transfer function of the operator truncated by a Gauss curve. The signature of the is the same as on the Fig. 3. The truncating function is:

$$\exp\left(-0.3 \cdot k^2/N^2\right), \text{ where } k = -N, \dots, N$$



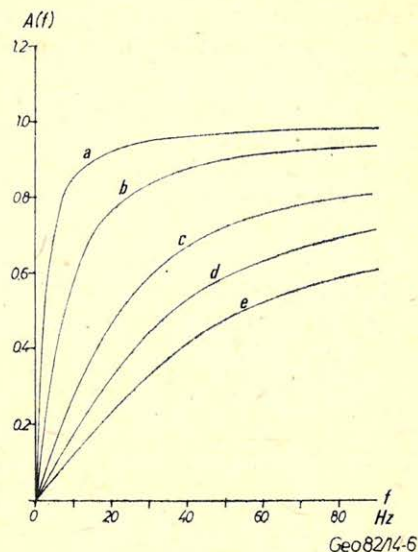
6. ábra. Exponenciális abszolútérték függvénnyel csonkított operátor átviteli függvénye. A görbék jelölése megegyezik a 3. ábrán alkalmazottal. A csonkítófüggvény a következő alakú:

$$\exp\left(-0,3 \frac{|k|}{N}\right); (k = -N \dots N)$$

Рис. 6. Переходная функция оператора срезанного экспоненциальной функцией в абсолютных значениях. Обозначения кривых соответствуют обозначениям рисунка 3. Форма фильтра

$$\exp\left(-0,3 \frac{|k|}{N}\right); k = -N \dots N.$$

Fig. 6. Transfer function of the operator truncated by an exponential absolute value function. The signature of the curves is the same as on the Fig. 3. The truncating function is: $\exp(-0.3|k|/N)$, where $k = -N, \dots, N$



függvények a következők voltak: háromszög függvény, Gauss-görbe és exponenciális abszolútérték függvény. Láthatjuk, hogy a Gauss-görbés csonkítás eredményezi a legkedvezőbb, legsimább lefutású átviteli függvényeket. Vegyük azonban észre, hogy ezek az átviteli függvények is igen torzak. A hiba az alacsony frekvenciákon a legnagyobb.

Ez az alacsonyfrekvenciás torzulás a szeizmikus felhasználás oldaláról nézve igen sajnálatos, kiküszöbölésére azonban nincsen mód. A hibát csökkenthetjük, ha elegendően hosszú operátort alkalmazunk.

A Hilbert transzformáció két felhasználása a szeizmikus időszelvények vizsgálatához

1. Reflexió erősség szelvény

A Hilbert-transzformációval előállított kvadratúra csatorna legegyszerűbb felhasználási módja a burkológörbe elkészítése. Mint már a dolgozat elején szó volt róla, ezt úgy állíthatjuk elő, hogy a bemeneti és a kvadratúra csatornát együtt egy komplex értékű csatornának tekintjük. A komplex értékű csatorna adatainak abszolút értékét képezve megkapjuk a bemeneti csatorna burkológörbét.

A burkológörbéket egy szelvény minden csatornájára kiszámítva egy „burkológörbe szelvényt” kapunk. Ezt a szelvényt reflexió erősség szelvénynek szokás nevezni.

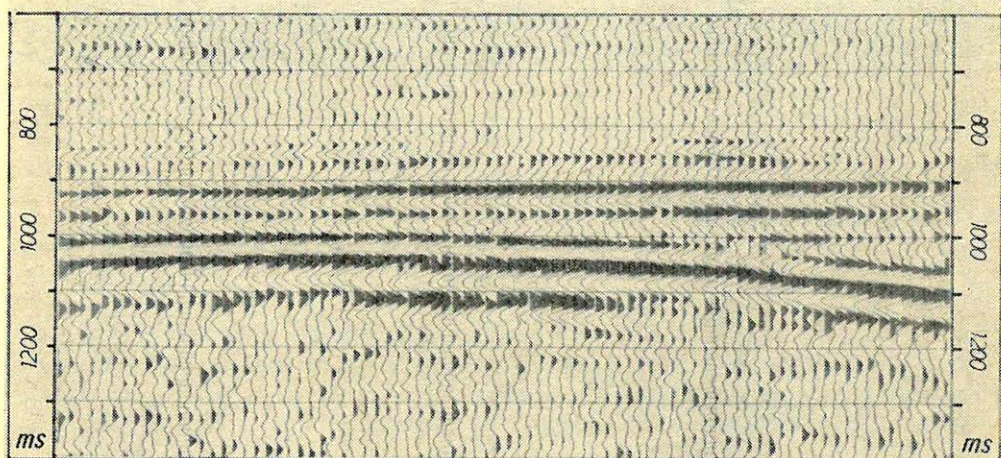
A szelvényt plotteren, a plotter adottságait megfelelően kihasználva, kirajzolva szemléletes képet kaphatunk a szelvény energiaviszonyairól.

Nézzük meg a következő példát. A 7. ábrán egy szeizmikus időszelvény részlete látható. A 8. ábra a szelvényszakasz csatornáiból készült kvadratúra csatornákat tartalmazza. Végül a 9. ábrán a burkológörbék láthatók. Észrevehetjük, hogy a reflexió erősség szelvény sötét foltjai sokkal szembetűnőbben mutatják az energiaváltozásokat, mint az eredeti szelvény amplitúdói.

2. Pillanatnyi frekvencia szelvény

A cikk első részében már láttuk, hogy egy adott ω frekvenciájú jel esetén hogyan határozhatjuk meg a frekvenciát. Az eljárást a szeizmikus csatornákra is elvégezhetjük. Jelöljük a csatornát $x(t)$ -vel, a hozzárendelt kvadratura csatornát pedig $y(t)$ -vel. Minden t időpontban kiszámíthatjuk a fázist:

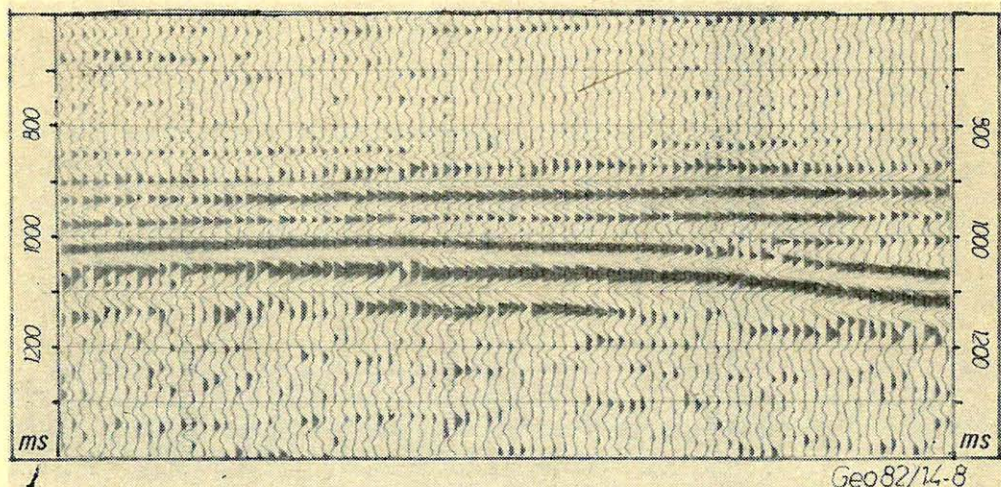
$$\Phi(t) = \operatorname{arctg} \left(\frac{x(t)}{y(t)} \right)$$



7. ábra. Bemeneti időszelvény

Рис. 7. Временной разрез на входе

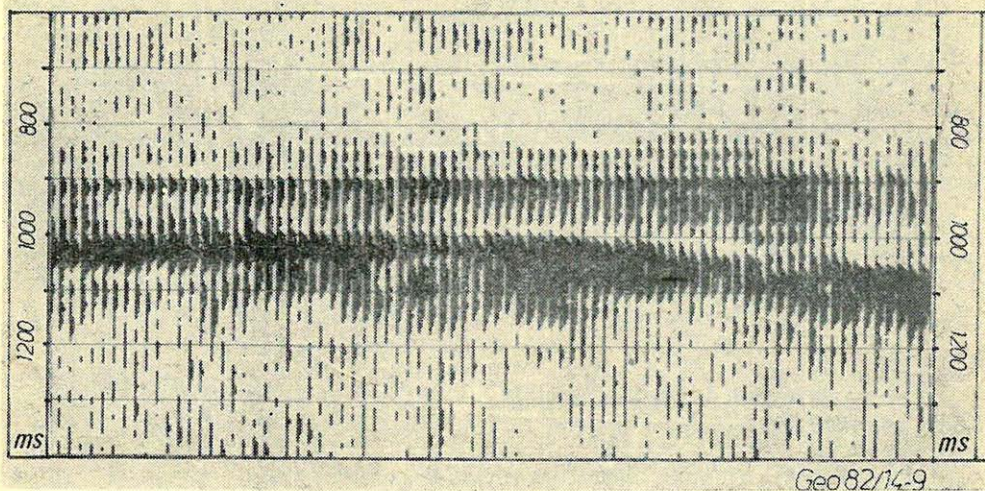
Fig. 7. Input section



8. ábra. A 7. ábrán látható szelvény Hilbert transzformáltja

Рис. 8. Преобразование Гильберта профиля рисунка 7

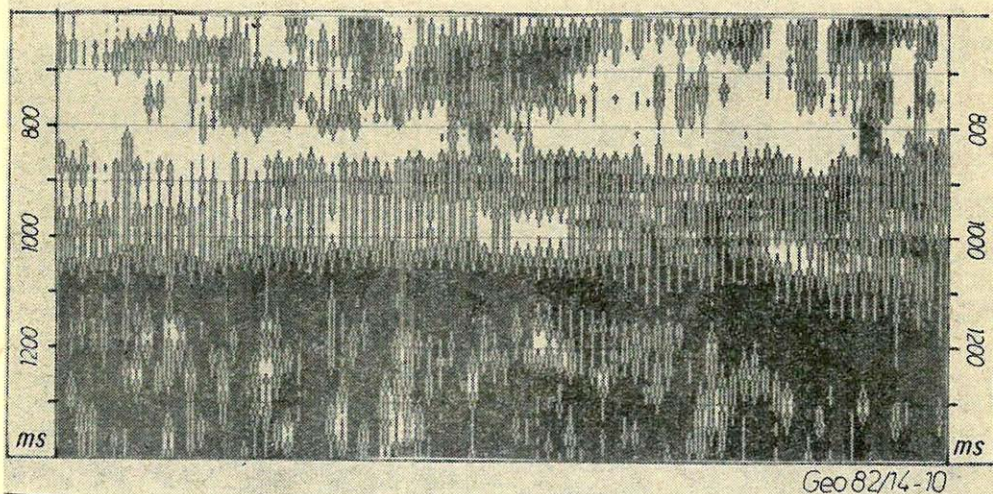
Fig. 8. Hilbert transform of the section shown on the Fig. 7



9. ábra. A 7. ábrán látható szelvény burkoló-görbéi. Ezt szokás reflexió erősség szelvénynek is nevezni

Рис. 9. Огибающие профиля рисунка 7. Обычно такой профиль называется разрезом интенсивности отражений

Fig. 9. Envelope curves of the section shown on the Fig. 7. This is the so called reflection magnitude section



10. ábra. A 7. ábrán látható szelvény pillanatnyi frekvenciái. Az ábrán a sötétebb árnyalat jelöli az alacsonyabb frekvenciákat

Рис. 10. Мгновенные частоты профиля рисунка 7. На рисунке темным оттенком обозначены более низкие частоты

Fig. 10. Instantaneous frequencies of the section shown on the Fig. 7. The darkness is connected to the decrease of the frequency

Az így kapott fázist a t időpillanatra jellemző, pillanatnyi fázisnak nevezzük. Ha feltételezzük, hogy a csatornán a frekvencia csak igen lassan változik, akkor a pillanatnyi fázisból a pillanatnyi frekvenciát is meghatározhatjuk:

$$\frac{d}{dt} \Phi(t) = \omega(t) + \omega'(t) \cdot t \approx \omega(t)$$

ugyanis a feltételezett lassú frekvenciaváltozás következtében $\omega'(t) \sim 0$ lesz.

Az $x(t)$ csatorna pillanatnyi frekvenciája a t időpillanatban tehát a következő lesz:

$$t = \frac{x(t) \cdot \frac{d}{dt} y(t) - y(t) \frac{d}{dt} x(t)}{x^2(t) + y^2(t)}$$

Mivel a csatorna gyengébb energiájú helyein ez a meghatározás bizonytalan lehet, szokásos ezt az értéket a burkológörbe csatornával súlyozni és egy néhány-szor 10 ms hosszúságú időablakban simítani is. Ilyen súlyozott-átlagolt pillanatnyi frekvenciaszelvényt láthatunk a *10. ábrán*. Ez a szelvényrészlet is azonos a *7. ábrán* láthatóval.

Az ábrán az alacsonyabb frekvenciákat a sötétebb foltok jelölik. Ennek a fordított ábrázolásmódnak az az előnye, hogy így szemzetűbbek a szelvényen található frekvenciacsökkenések. A tapasztalatok szerint ugyanis a szénhidrogének jelenléte a szeizmikus csatornák pillanatnyi frekvenciájának csökkenésével jár. Így a sötéttel jelölt helyek a reménybeli szénhidrogén-tárolókra hívhatják fel a figyelmet.

Természetesen nem szabad elfelejteni, hogy a frekvencia csökkenését egyéb tényezők is okozhatják. Legerősebb frekvenciacsökkentő magának a talajnak a szűrőhatása, a mélyebb szintekről érkező reflexiók mindig alacsonyabb frekvenciákat tartalmaznak a felszínhez közeli reflektáló rétegekről jövő jeleknél. Ezért az ilyen szelvények alsó része mindig fekete lesz.

Hírek

Az MTA Föld- és Bányászati Tudományok Osztályának Közleményei

Az MTA X. Osztályának magyar nyelvű folyóirata először 1967-ben, röviddel az Osztály megalakulása után jelent meg. A kötetenkénti négy számot évente mintegy 30 ív terjedelemben adja ki az Akadémiai Kiadó. A kiadvány alapítója és 1976-ig főszerkesztője *Szádeczky-Kardoss Elemér* az MTA rendes tagja volt. 1976-tól a főszerkesztő *Martos Ferenc*, az MTA rendes tagja. Szerkesztő *Pécsiné Donáth Éva*, a szerkesztőbizottság tagjai, az Osztály tudományos bizottságainak elnökei.

A folyóirat 1980-tól új borítólappal jelenik meg. Címe — a korábbi főcím „*Geonómia és Bányászat*” elhagyása után — „*Az MTA Föld- és Bányászati Tudományok Osztályának Közleményei*”. A változásnak két indoka volt. Az egyik az, hogy az MTA más osztályainak közleményei is hasonló címűek. A másik ok, hogy az érintett tudományterületek közül így egyik sincs külön kiemelve, sem (akár látszólag) elhagyva.

A Magyar Geofizikában eddig is megjelentek rövid ismertetések a X. Osztály folyóiratában publikált geofizikai tárgyú cikkekről. A jelen, átfogó jellegű beszámolót azért közöljük, hogy felhívjuk a figyelmet a szerkesztés új szempontjaira. Ezek megvalósulása után, ugyanis, a folyóirat a jelenleginél szélesebb olvasói tábor érdeklődésére tarthat számot.

A folyóirat célja a földtudományok és bányászat különböző ágazataiban dolgozó vagy a rokonterületeken működő (pl. műszaki tudományok, építészet) kutatók és gyakorlati szakemberek tájékoztatása a X. Osztály és a képviselt tudományterületek életéről, fejlődéséről, esetleges problémáiról, a jövő perspektíváiról.

A Közlemények a jövőben nem publikál új (primer) kutatási eredményeket. Ezek célszerű megjelentetési helye, a szerzőnek is jobb publicitást biztosító hazai vagy külföldi szakmai folyóiratokban van.

A Közlemények anyagának jelentős részét alkotják az egy-egy tudományterületen hosszabb idő alatt elért eredményeket szintetizáló, a szélesebb szakmai olvasóközönséget is jól tájékoztató összefoglaló cikkek (review papers). Részben hasonló célt szolgál az Osztály tudományos rendezvényein (tudományos ülés-szakokon, felolvasó üléseken) elhangzó előadások publikálása, külföldi tudósok előadásainak közlése.

„*A Föld és Bányászati Tudományok Osztályának Közleményei*” ezenkívül részletes tájékoztatást ad a tudományos élet eseményeiről: a tudományos bizottságok tevékenységéről, esetenként intézetek, kutatóhelyek munkájáról; új rendes és levelező tagok székfoglalóiról, emlékülésekről, megvédett doktori és kandidátusi értekezésekről. Beszámol a nemzetközi szervezetekben végzett munkáról, kongresszusokról, hazai és külföldi rendezvényekről. Megemlékezik évfordulókról, eseményekről, személyekről.

A geofizika területén a felsorolt célkitűzések részben már megvalósultak. Megjelent az Egyed László emlékülés anyaga, megjelenőben vannak a hazai kéreg és felsőköpeny kutatás eredményeivel foglalkozó előadásokhoz kapcsolódó tanulmányok. 1980 óta minden kandidátusi védésről ismertetés készült. Folyamatban van a „Geofizika a földtani kutatás és bányászat szolgálatában” című közgyűlési osztályülés anyagának sajtó alá rendezése.

A geofizikusok számára azonban nem csupán ezek a cikkek (sorozatok) adnak tájékoztatást. Mindannyiunkban van igény arra, hogy tevékenységünket egy tágabb összefüggés rendszerbe helyezve is értékeljük. Képet szeretnénk kapni a rokon tudományok helyzetéről, fejlődéséről, a geofizikához fűződő viszonyuk alakulásáról.

Egy ilyen átfogó kép kialakításához, formálásához kíván segítséget nyújtani a X. Osztály közleményei. Emiatt ajánljuk most külön is a Magyar Geofizika olvasóinak figyelmébe.

Meskó Attila

Egyesületi hírek

Beszámoló a Geofizikus Ifjúsági Napokról

Az MGE Ifjúsági Bizottság 1982. március 2–3-án rendezte meg a *Geofizikus Ifjúsági Napokat* Visegrádon, az ELTE üdülőben. A rendezvény célja volt fórumot biztosítani az ifjú szakemberek tájékozódására, szakmai és egyéb problémáik megvitatására.

A több mint 80 résztvevő négy előadást hallgathatott meg aktuális kérdésekről:

Ádám Oszkár: A földtani kutatás feladatai a VI. ötéves tervidőszakban.

Kovács Béla: A korszerű szeizmikus műszerezettség kérdései.

Jesch Aladár: A mélyfúrás geofizika ma.

Szuvov Gyéza: A kutatás és feltárás feltételei a fejlődő országokban, figyelemmel a magyarországi színvonalra.

Farkas István az Ifjúsági Bizottság titkára az 1982. március 18-án megtartott ügyvezető elnökségi ülésen tartott beszámolójában elmondta, hogy a visszhang a hallgatóság körében igen jó volt, az előadások számukra izgalmas témákkal foglalkoztak.

A második nap programja „fórum” volt, mely a geofizikai vállalatok felelős vezetői és vezető szakemberei válaszoltak a fiatalok kérdéseire. Jelen voltak:

| | |
|--------|--|
| KFH | <i>dr. Ádám Oszkár</i> főoszt. vez. |
| OKGT | <i>Zsengellér István</i> vez. ig. <i>Hangyál János</i> ig. <i>Deres János</i> az MGE főtitkára |
| ELTE | <i>dr. Barta György</i> akad., tszv. egy. tan. |
| NME | <i>dr. Csókás János</i> tszv. egy. tan. |
| GKV | <i>Molnár Károly</i> ig. |
| KV | <i>György Gyula</i> ig. h. <i>Suba Sándor</i> főoszt. vez. |
| SZKFI | <i>Markó László</i> főoszt. vez. |
| MÉV | <i>Rózsa Iván</i> oszt. vez. |
| MÁELGI | <i>dr. Baráth István</i> oszt. vez. <i>Kovács Béla</i> oszt. vez. <i>Ráner Géza</i> oszt. vez. |

Az ügyvezető elnökség megállapította, hogy a rendezvény sikerült, kiemelte, hogy *Ferenyzy László* igen jól vezette a fórumot és elismerően nyilatkozott a szervezést végző *Komlósi Zsolt*, *Szongoth Gábor*, *Tóth József* és *Tóth Sándor* tagtársak munkájáról.

Z. A.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|-----|
| <i>В. Данк:</i> Роль образовавшихся в неогеновом фундаменте ловушек углеводородов в поисках перспективных запасов | 121 |
| <i>Д. Драхош:</i> Решение прямой задачи электрокаротажа для модели, состоящей из большого количества цилиндрических границ раздела | 134 |
| <i>Й. Бакаи:</i> Определение распределения сейсмических скоростей горных пород на основании измерений в шахтах | 147 |
| <i>П. Желлер:</i> Использование преобразования Гильберта для определения мгновенной частоты сейсмических отраженных волн | 151 |
| Новости | 159 |
| Новости в общества Венгерских геофизиков | 160 |

CONTENTS

| | |
|---|-----|
| <i>V. Dank:</i> The role of hydrocarbon accumulations under the Neogene sedimentary basin in prospective reserves | 121 |
| <i>D. Drahos:</i> The solution of direct problem of electric logging for cylindrical multi-layered mode: | 134 |
| <i>J. Bakai:</i> Seismic velocity determination of rocks in mine shafts | 147 |
| <i>P. Zsellér:</i> Application of the Hilbert transform for determination of the instantaneous frequencies of seismic waves | 151 |
| News | 159 |
| News about the Association | 160 |

MAGYAR GEOFIZIKA

A szerkesztésért felelős: Zelei András

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. 23

Felelős kiadó: Siklósi Norbert igazgató

86.468. Állami Nyomda, Budapest. Felelős vezető: Mihalek Sándor igazgató

Terjeszti a **MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE**

Egyesületi tagoknak tagdíj ellenében

Megjelenik évente hatszor

Index: 26 507

