

MAGYAR

Geofizika



A MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE FOLYÓIRATA
BUDAPEST, 1973. XIV. ÉVFOLYAM, 5—6. SZÁM

MAGYAR GEOFIZIKA
a MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE folyóirata

XIV. évfolyam

5—6. szám

Szerkesztőség

Magyar Geofizikusok Egyesülete
 1368 Budapest, Anker-köz 1.
 Telefon: 429-754

TARTALOMJEGYZÉK

<i>Felelős szerkesztő</i>	DR. SEBESTYÉN KÁROLY	<i>Molnár Károly: Az alkalmazott és ipari geofizika jelene és jövője</i>	137
<i>Szerkesztő bizottság</i>	CZEGLÉDI ISTVÁN Dr. POSGAY KÁROLY RÁDLER BÉLA DR. RENNER JÁNOS	<i>I. I. Belessev—P. M. Bajev: Főrtetek komplex fűrésos és geofizikai felderítésének és kutatásának módszertana a „Keremidoto” ércbányában DK-Bulgáriában</i>	150
<i>Felelős kiadó</i>	SIKLÓSI NORBERT igazgató	<i>Szabadváry László—Hoffer Egon—Nyitrai Tibor—Ráner Géza—Sz. Pintér Anna: A komplex geofizikai mérések módszertani kérdései a Vértes hegység előterében</i>	156
		<i>Kovács Ferenc—Nagy Zoltán—Szanyi Béla—Vándor Béla: Geofizikai adatok integrált értelmezése</i>	165
		<i>M. Pieuchot: A TIGRE, egy computerrel kiegészített szeizmikus rendszer</i>	175
		<i>Németh Géza: Az STD—2 szeizmikus digitális berendezés ismertetése</i>	179
		<i>Renner János: Kőzetek réz- és cinktartalmának meghatározása ronsolásmentes neutronaktivációs analízissel</i>	186
		<i>Zsellér Péter: Gyors Fourier-transzformáció vizsgálata</i>	191
		<i>Deák József: Természetes radioizotópok alkalmazása a felszínalatti vizek kutatásában</i>	200
		<i>Ferenczy László: A porozitás, a permeabilitás és a maradék víztelítettség viszonyának vizsgálata homokkő tárolóban</i>	212
		<i>Bodri Bertalan: Az árapály-súrlódás szerepe a Hold termikus történetében</i>	218
		<i>Egerer Frigyes: A természetes hőenergia áramlását befolyásoló kőzetfizikai mennyiségek</i>	224
		<i>V. K. Popov—Ju. Konopoljov—Z. Z. Hanipov—V. Csornij: Mélyfúrásai geofizikai módszerek alkalmazása és eredményei a Szovjetunióban</i>	228
		Lapszemle, Irodalmi ismertetés	149, 178, 211, 217, 223, 227, 236, 238
		EGYESÜLETI HÍREK	178

Index: 26 507

MAGYAR GEOFIZIKA

Felelős szerkesztő: Dr. Sebestyén Károly

Kiadja a Lapkiadó Vállalat, 1906 Budapest, Lenin körút 9—11. Telefon: 221—293

Felelős kiadó: Siklósi Norbert igazgató

Terjeszti: MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE

Megjelenik évente hatszor.

Megrendelhető egész évre 60,— Ft előfizetési áron, mely összeg a MTE SZ 232—90171—2494

csekkszámájára fizetendő be. Egyesületi tagoknak tagdíj ellenében

73.1750. Állami Nyomda, Budapest

Az alkalmazott és ipari geofizika jelene és jövője Magyarországon

MOLNÁR KÁROLY

Bevezető áttekintő előadás a XVIII. Nemzetközi Geofizikai Szimpóziumon 1973. X. 2-án.

Последние годы внесли значительные перемены в геофизические исследования Венгрии. Как в области полевой так и в области промысловой геофизики все шире находят применение цифровые записывающие и обрабатывающие устройства. Открылись возможности разработки новых способов полевых наблюдений, применения в процессе обработки более эффективных, по сравнению с предыдущими, программ, улучшающих отношение сигнал-помеха, а как результат этого, представилась возможность более уверенного выявления сложных геологических формирований.

Доклад на примере нескольких характерных профилей демонстрирует влияние последовавших изменений в геофизических методах наблюдений и в способах их обработки. Далее дается обзорное изображение основных тем усовершенствования, обеспечившего достигнутые результаты в области полевой и промысловой геофизики, а также обобщаются задачи, определяющие будущее геофизической разведки Венгрии.

In recent years important changes have taken place in applied geophysics in Hungary. The digital data acquisition and processing systems have gained large shares in surface as well as in borehole geophysics. It was made possible to develop new field technologies, the S/N ratio was improved through the use of modern routine in the computer centre. As a result of this complex geological structures could be explored with better efficiency.

Some illustrative examples will be presented to show the changes in the field of applied geophysics. Moreover, a historical review is given about those development programs concerning the surface and borehole geophysics, that contributed to the illustrated results, and the future tasks for the applied geophysics in Hungary are summarised.

Nemzetközi szimpóziumainkon már hagyományossá vált, hogy a rendező országok képviselői átfogó előadás keretében ismertetik a hazájukban folyó fontosabb geofizikai tevékenységet. Ennek a ma szinte kötelező hagyománynak vannak előnyös és hátrányos oldalai. Előnyös ez mindenképpen abból a szempontból, hogy plenáris ülés keretén belül – valamennyi résztvevő jelenlétében – hangzik el az előadás, tehát elsőrendű fórum eredményeinek és feladataink közzétételére. Másrészt jogosan vetődhet fel a kérdés, hogy vajon egy viszonylag kis kutatási területű országban, mint hazánk, évről-évre felgyülemlik-e annyi kutatási eredmény, vagy tapasztalat a módszer, műszer és feldolgozás vonalán, hogy érdemes azzal nemzetközi publikum elé állni.

Fennáll továbbá az ilyen összefoglaló előadásokkal kapcsolatban az a veszély is, hogy mindaz az információ, ami geofizikusoknak fontos és lényeges, mert egyrészt földtani ismereteiket bővíti, másrészt irányt mutat jövődő tevékenységükhöz, a más országbeliek számára kevésbé ad útmutatást saját munkájukhoz.

Szimpóziumunk szervező bizottsága az elmondottakat is figyelembe véve hasznosnak ítélte, ha a két szervező ország szakemberei idén is részletes ismertetést kapnak a hazájukban folyó fontosabb geofizikai tevékenységről.

Magyarországon számos intézmény, vállalat végez geofizikai méréseket, a különböző ásványi nyersanyagkutatástól a mérnökgeofizikáig. Az előadás természetesen nem térhet ki valamennyi hazai intézményben folyó munkára, hanem kiragadja azt a két kutatóbázist, amely a hazai geofizikai munkák

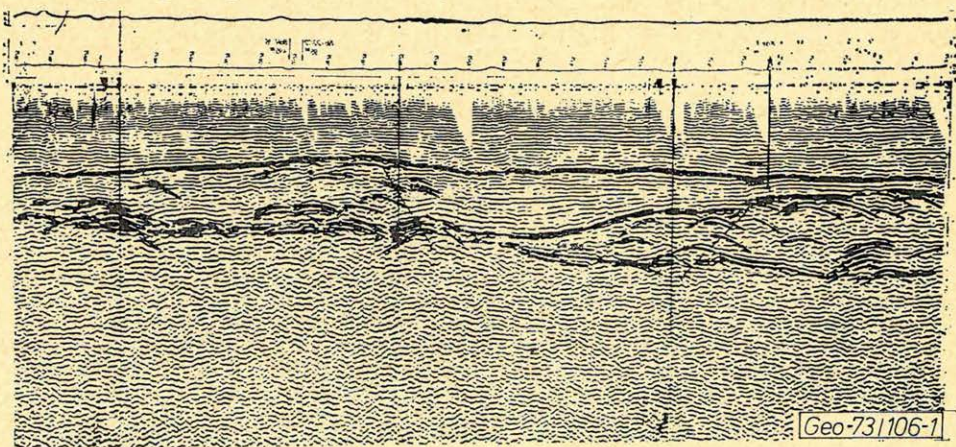
jelentős hányadát — beleértve a fejlesztő és terepi rutinmunkát is — végzi. Ezek: az ELGI (Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet) és az OKGT (Országos Kőolaj és Gázipari Tröszt).

A két intézmény közül az ELGI tevékenységi köre szélesebb mint az OKGT-é, mert a szénhidrogénkutató geofizikai tevékenységen kívül szilárd ásványi nyersanyagkutatással, kiterjedt műszerfejlesztéssel és mérnökgeofizikai munkálatokkal is foglalkozik. Az OKGT ezzel szemben csak a szénhidrogénkutatásra specializálta magát és ennek megfelelően ilyen jellegű hazai kutatások döntő hányadát mind felszíni, mind mélyfúrású geofizikai vonalon üzemeltetében végzi.

Tekintsük át először az ELGI kutatási tevékenységet.

Az ELGI szeizmikus kutatásaira az elmúlt évben a korábbi eredmények gyakorlatba vitele, hasznosítása jellemző. A szénhidrogén-kutatásban működő digitális berendezéssel kapott tapasztalatok alapján kifejlesztett SDT-2 berendezést rendszeres üzembe állították a hegyvidéken és annak előterében. A műszert mind a reflexiós, mind a refrakciós kutatásban alkalmazzák. A magyar — német kooperációban kifejlesztett SD 10 berendezés 9 és 21 sávós prototípusaival is megkezdték a kísérleti méréseket. Az eredmények számítógépes feldolgozása rutinszerűen folyik.

A digitális szeizmikus technika alkalmazása elősegíti, hogy a reflexiós módszerrel nehezen kutatható pannonnál idősebb összletből is információkat kapjanak. Az OKGT megbízásából végzett nyírségi méréseknél — ahol a behatolást a helyenként több kilométer vastag miocén rétegek akadályozzák — ez azokon a területeken sikerül, ahol a pannonnál idősebbnek feltételezett összlet kedvezőbb kifejlődésű. Ilyen látható például a No-21 szelvényen (1. ábra). Feltehető, hogy ezeken a területeken kevesebb a vulkáni képződmény és ez is szeizmogeológiailag kedvezőbb kifejlődésű.



1. ábra — *пuc.* — *Fig.*

Hegyvidékek előterében a KFH megbízásából végzett méréseknél a digitális technika segítségével a mezozoós összletbe hatolás a cél. Mind a Dunántúlon, mind az Északi Hegyvidéken biztató eredmények vannak.

Az ELGI Minszk-32-re épülő gépi adatfeldolgozási szeizmikus programjait részben automatikus feldolgozásra tették alkalmassá, részben tovább bőví-

tették. Az egyre komplettebb programrendszer adta lehetőségek indokolják, hogy a mélyszerkezetkutatásban az ELGI minicentrumát már csak előzetes megjelenítésre és a kisebb költségteherbírású sekélyreflexiós és refrakciós kutatásokra használja fel. A hazai geofizikai és elektronikus intézményeknél felgyűlt tapasztalatok viszont ma már egy lényegesen modernebb kiscentrum fejlesztését is lehetővé teszik. Ennek elősegítésére a VIDEOTON számítógépet beillesztették a *Minszk-32*-be. A vizsgálatok szerint az *R-10* számítógép mind terepi, mind tengeri szeizmikus berendezés ellenőrzésére és programozására, mind az adatok real time előzetes — illetve kiscentrumszerű — feldolgozásra alkalmas.

Szilárd ásványinyersanyag-kutatás, karsztvízkutatás

A Dunántúli Középhegységben továbbfolytatódott a hegység komplex geofizikai felmérése. A mérésekkel a hegység nyersanyagra reményteljes új részeit, zónáit kutatják. Ez a munka együttjár a hegység földtani-geofizikai modelljének finomításával, a hegység felépítésének részletesebb megismerésével.

A kutatások során alkalmazott komplex metodika hatékonyságának növelése szükségszerűen megkövetelte a geofizikai műszerek és a kutatási módszerek továbbfejlesztését. A geoelektromos méréseknél a *RACE-30* váltóáramú ellenállásmérő-berendezés jó jel-zaj-viszonya lehetővé tette az iparilag zavart területeken való mérést is. Az alkalmazott módszerek közül a potenciálkép-módszernél sikerült tisztázni néhány elméleti alapkérdést; így a felszínközeli szerkezetkutatásnál, valamint a bauxit-töbörkutatásnál a sekélyszondázással kombinálva a módszer már tömeges alkalmazásra került.

A medencealjzat mélységtérképének megszerkesztése — a komplex kutatás során — több fázison megy keresztül, amíg az áttekinthető nagyszerkezeti képből az egyre pontosabb mélységi és részletesebb szerkezeti kép szolgáltatásáig eljutnak. Először a Bouguer-anomáliatérképből néhány optimális helyre telepített szondázás és a távolabbi fúrások segítségével meghatározható olyan, a területre jellemző empirikus függvény, melynek segítségével közelítő jellegű mélységtérkép szerkeszthető. A különböző paraméterekkel számított maradék-anomáliatérképekből a terület nagyszerkezeti vázlata határozható meg. Az így kapott előzetes mélységtérkép és szerkezeti vázlat a következő kutatási fázisban nyújt biztonságosabb alapot.

A szeizmikus refrakciós mérések és a szintazonosító geoelektromos szondázások adataiból készült el a mezozoós karbonátos medencealjzat domborzati térképe, amely a fővetőrendszer elhelyezkedését is meghatározza. További módszertani előrelépést jelentett, hogy számítógépes program segítségével meghatározható a Bouguer- és a maradékanomáliák súlyozott összegzésével egy olyan adatrendszer, amely optimálisan illeszkedik a közös szeizmikus-geoelektromos szint mélységadataihoz.

A komplex geofizikai kutatás eredményei alapján telepített fúrásokra támaszkodva kerül sor a nagyobb felbontóképességű, többszörös fedésű reflexiós mérések alkalmazására. Egyszeres és többszörös fedésű reflexiós szelvények összehasonlítása a MÁELGI 1972. évi évkönyvében a 62–63. oldala közötti ábrán látható. Ezzel a fúrás által harántolt olyan képződmény nyomonozható (pl. adott eocén- vagy kréta-összlet), amely a medencében az alapterlep jellegű barnakőszén- vagy bauxitelőfordulást valószínűsíti.

A Középhegység területén részben a földtani-geofizikai előkutatások, részben a felderítő kutatások területén 1972-ben 30 fúrás (9348 fm hosszúságban) mélyült a geofizikai mérések eredményei és megelőző földtani kép alapján: ezekből 21 db fúrás jelzett ásványi nyersanyagot.

A geoelektromos mélyszerkezet-módszertani kutatásokban két új jelentős eredményről számolhatunk be.

– Elkészültek az első olyan magnetotellurikus szondázási görbék, amelyekben teljes frekvenciatartományban (21 Hz – 0,01 Hz) magyar gyártmányú indukciós szondával regisztráltak. Ezen műszerrel a közepes mélységű geoelektromos kutatások előtt új perspektívák nyíltak meg.

– Az EMT két változatának tökéletesítésével a nagyellenállású közbe településekkel jellemzett medencék kutatását sikerült megoldani.

A mérnök-geofizikai kutatásokban mindmáig megoldatlan problémának tűnt 10 – 15 méteres mélységig az egyes képződmény-vastagságoknak a műszaki tervezők által követelt pontossággal történő meghatározása. Az ELGI-ben kifejlesztett új mérési komplexussal az egyes rétegek mechanikus ellenállását, sűrűségét, víztartalmát, fajlagos ellenállását és természetes gamma sugárzását +10% pontossággal rögzítik és már a műszaki paraméterek egy részének „in situ” meghatározását is lehetővé teszik. A berendezés ezenfelül szakaszos magminta vételezésre alkalmas berendezésekkel is kiegészíthető.

A Börzsönyben és a Mátrában tovább folytatódott a hegység komplex geofizikai vizsgálata, a földtani kutatásokkal összehangolt színesérc-kutatási terv szerint. Néhány új eljárást is alkalmaztak, így pl. a vulkáni képződmények 60 – 70%-át a komplex értelmezés alapján el tudják határolni egymástól: a törések és a velük összefüggő kőzet-kontaktusok is térképezhetők, ezenkívül számos új ércesedésre jellemző gerjesztett-potenciál-anomáliát találtak. A rendszeres és áttekinthető mérések során kialakult az a mérési komplexum, amely a neovulkáni területek kutatásánál eddig a legtöbb információt nyújtja.

Külföldi kutatások

Ebben az évben éppen 15 éve annak, hogy Mongóliában az első geofizikai kutatást végrehajtották. Jelenleg három expedícióban 41 fő dolgozik, akiknek egy részét az ország különböző vállalatai delegálták (elsősorban a Geofizikai Intézettel szoros együttműködésben tevékenykedő Mecseki Ércbányászati Vállalat).

Geoelektromos műszerfejlesztés

A RACE család (15, 30, 300 W-os) fejlesztése befejeződött. A jól sikerült váltóáramú rendszer bevezetése, továbbá az alkalmazott segédberendezéseknél elérhető súlycsökkenés jelentős létszámmegtakarítást és mintegy 20 – 25% önköltség-csökkentést eredményezett a hagyományos műszerekhez képest.

Elkészült és terepen dolgozik az új 0,05 – 5 Hz-es váltóáramú GP műszer, amely a látszólagos impedancia mellett, a fázisösszeg mérésére is alkalmas. A szulfidos ércek ELGI-ben kidolgozott kutatási módszertől azt remélik, hogy az ércesedés mennyiségére és minőségére jellemzőbb gerjesztési szuszceptibilitást is meg tudják határozni.

Az ELGI fúrólyukvizsgálati célokat szolgáló eszköz- és módszerfejlesztésének ismertetésekor nem ismételjük meg a múlt évi összefoglalóban érintett fejlesztési eredményeket. Helyette annak a középmélységű lyukszelvényező

berendezésnek adjuk rövid ismertetését, amelyet a korábban leírt digitális karottázs-berendezés hordozójául, illetve a geofizikai alapberendezéséül szánunk.

Az ELGI közepkarottázs-fejlesztési célkitűzései az alábbiakban foglalhatók össze:

A különböző ásványi anyagok — szénhidrogének, szilárd ásványi nyersanyagok, víz — mélyfúrási geofizikai kutatásában a mérendő geofizikai paraméterek állandó bővülése, komplex mérési módszerek bevezetése és a lyukműveletek gazdaságossági kérdései korszerű, sokcsatornás, egyidejű analóg- és digitális-adatrögzítéssel rendelkező, a hordozó gépkocsit és a kábelmechanikát illetően mozgékony, csökkentett súlyú, kisátmérőjű páncélkábelrel ellátott karottázs-berendezések kidolgozását indokolják.

Az ELGI — VEB Geophysik, Leipzig kooperációban kialakított berendezést saját kategóriájában az évtized végéig megfelelőnek és saját munkájukban meghatározónak tekintik.

A berendezés gyorscsatlakozó rendszere KGST szabványú.

A berendezéshez kifejlesztett (ill. adaptálható) lyukműszerek választéka a hagyományos elektromos méréseken kívül tartalmazza az indukciós fókuszált szelvényezési lehetőségeket is. A radiológiai szondák szélesebb körűek és alkalmazkodnak a speciális célokhoz. A szén- és ércutatás céljait szolgálják: a „szelktív gamma-gamma” — és a kisátmérőjű kétszatornás gamma-gamma —, valamint a neutron szondák és más nukleáris kombinációk. Az ércutatási módszertan egyes vonatkozásairól külön előadás számol be.

Az általános földtani célú és szénhidrogénkutató fúrások vizsgálatát van hivatva szolgálni a 60-as 76 mm-es radioaktív szondacsalád, amely emelt érzékenységgel, valamint hőmérséklet- és nyomástűrővel ugyanazokat a mérési lehetőséget kínálja, mint az előző kategória. Az elérhető felső hőmérsékleti határ ennél a lyukműszercsaládnál 150 C°.

A termelő CH-kutak vizsgálatához két speciális kialakítású term. — gamma —, ill. neutron-neutron-szondát fejlesztett ki az ELGI az OKGT megbízásából.

A középnyelvű karottázs-berendezés — a múlt évi beszámolóban ismertetett digitális mágnesszalagos berendezéssel kombinálva — néhány speciális mérést is lehetővé tesz. Így az NDK-kooperációban épülő variáns az akusztikus mérések folyamán időadatokat, impulzus-üzemű neutrongenerátoros lyukműszer csatlakoztatása esetén neutron élettartamot is képes regisztrálni.

Az OKGT keretein belül végzett kutatások közül először a mélyfúrási geofizika jelenlegi állását és fejlődési irányát tárgyaljuk.

A korszerű szénhidrogén-kutatás és -feltárás egyre fokozódó mértékben támaszkodik a mélyfúrási geofizika munkájára. Ezt igazolja a karottázs-szelvény-anyagok egyre bővülő volumene és növekvő választéka. Az utóbbi 15 évben a felvett karottázs-szelvények évi abszolút mennyisége megháromszorozódott, fúrási méterre vonatkoztatott relatív mennyisége pedig több mint kétszeresére növekedett. Jelenleg az olajiparban évente 3300 km karottázs-szelvényt regisztrálnak, ami azt jelenti, hogy minden lefúrt méterre kb. 10 m szelvényhossz jut.

A mennyiségi növekedésen túlmenően jelentős változás történt a szelvényezés struktúrájában is. A szaporodó szelvényezési fajtáknál mind nagyobb szerepük van az új, modern mérési módszerek alkalmazásának. Többéves

hazai fejlesztési munka eredményeként széles körű alkalmazást nyertek a 7-eres laterológ mérőrendszer különféle változatai. Folyamatban van a saját fejlesztésű akusztikus berendezés ipari bevezetése. Sorozatos kísérleteket végeznek a *gamma-gamma* -, illetve az indukciós - mérések alkalmazásával is.

Komoly feladatot jelentett az utóbbi években a nagymélységű fúrások karottázs-munkáinak biztosítása. Általában a fúrási mélységgel növekszik a karottázs-műveletek végzésének nehézségi foka, bonyolultsága. Ennek oka a hőmérséklet és nyomás jelentős növekedése, valamint a mérési közeg - az öblítő folyadék - megváltoztatása. Ugyanakkor a mélységgel fokozódik a rétegek kompaktsága, csökken a tárolók porozitása és áteresztő-képessége. Ilyen körülmények között természetesen a szénhidrogéntároló réteg kimutatása, a tárolási viszonyok meghatározása nehezebbé, bizonytalanabbá válik.

A különlegesen nehéz technikai körülmények miatt csökken az információszerezés lehetősége, az adott hagyományos információ mennyisége viszont a bonyolultabb földtani viszonyok miatt nem elegendő, az interpretációs feladatok változatlan szintű megoldásához, azaz csökken a mélyfúrások karottázsértelmezésének hatékonysága. E két tényező együttes hatása rendkívül nehéz helyzetet teremt. Ebből a kiút az, hogy a technikai színvonal növekedésével fokozni kell a műszerek, eszközök és berendezések mélységkapacitását, hő- és nyomásállóságát, ugyanakkor bővíteni kell az információszerezés lehetőségét új, eddig nem alkalmazott módszerek bevezetésével.

A feladat megoldására, a különböző lyukeszközök hő- és nyomásállóságának fokozására külön programot indítottak meg. Ennek keretében dolgozták ki a 230 C°-ig hőálló és 1200 atm-ig nyomásálló karottázs-csatlakozó-rendszert, laterológ- és radioaktív-mérőberendezéseket, a 260 C°-ig hőálló robbantóláncot, folyamatban van a nagyhőállóságú indukciós és akusztikus mérőszondák kidolgozása is. Megkezdték egy 260 C°-os és 1500 atm. nyomáson is alkalmazható szondavizsgáló állomás üzembe helyezését is.

Az elvégzett munka eredményeként sikeresen szelvényezték többek között a *Hód-I. sz.* mélyfúrást 5750 m-es talpállásnál, ahol a környezeti hőmérséklet 220 C°, a nyomás pedig 910 atm. volt, illetve a *Makó-2. sz.* mélyfúrást 4510 m-es talpnál 185 C° talphőmérsékleten és 925 atm. talpnyomáson. Eredményes rétegmegnyitást végeztek a *Budafa-V. sz.* nagymélységű kút 4200 m-t meghaladó mélységében 215 C°-on és a *Lovászi-II. sz.* kút 4500 m alatti szakaszán 215 C° és 620 atm.-val jellemezhető lyukkörülmények között. A rekord-mélységű perforálásra is a *Hód-I. sz.* kút esetén került sor 4990 m mélységben, a lyuk ún. „hűtését” követően 175 C°-on, 760 atm. nyomás esetén.

Nagyon fontos feladat a mélyfúrási geofizika területén a karottázs-információk hatékonyságának növelése. Ehhez a karottázs-adatok felvételének, feldolgozásának és értékelésének komplex gépesítése, a számítógép általános alkalmazása szükséges. E célból megkezdték a meglévő analóg szelvények fokozatos feldolgozását irodai digitalizáló berendezéssel, egyre nagyobb mértékben alkalmazzák a terepi szelvénydigitalizáló berendezést, mely a hagyományos szelvényezéssel egyidőben mágnesszalagra rögzíti a mérési adatokat.

A meglévő berendezések mellett különböző fejlesztő helyek összehangolt munkája révén folyamatban van egy szélesebb körű igényt kielégítő terepi digitális szelvényrögzítés általános alkalmazásának bevezetésével számítógépbe vihető anyag biztosítása, és készül a komplex gépi értelmezésnek a továbbiak során is bővíthető rendszere: a *KÉR*, melynek néhány részprogramja már unktionál.

További feladatot jelent néhány korszerű karottázs-mérési eljárás bevezetése. Ezek közé tartozik a folyamatos rétegdőlés-mérések üzemeltetése, valamint a termelésgeofizikai komplex mérések alkalmazása.

Az OKGT keretén belül végzett felszíni geofizikai kutatások

A szeizmikus kutatásoknál az elmúlt időszakban műszer- és számítógép (hardware)-vonalon különösebb változások nem következtek be, továbbra is kb. 30–70% a digitális-analóg mérési arány. Erőteljesebb terepi digitális jelrögzítés kiszélesítésére csak 1974–75-től kezdve van reális lehetőség. Ekkor kerülhet sor a TIOPS számítóközpont bővítésére, majd ezt követően a nem robbantásos hullámkeltési eljárások valamelyikének bevezetésére.

Az elmondottakból egyértelműen következik, hogy az elmúlt időszakban az erőket a digitális technikában rejlő lehetőségek minél sokoldalúbb kiaknázására összpontosították.

A terepi méréseknél általánossá vált a többszörös fedéses technika alkalmazása, ezen belül is megfigyelhető a fedésszám növekedése (12×-es fedések) elterjedése.

Az egy csoportba tartozó geofonok számának növelése, a statikus korrekciók automatikus meghatározása, továbbá a fedésszám-emelés lehetővé tette a hazai földtani felépítés mellett is a nagyobb geofonközök alkalmazására való áttérést. Az említett terepi módszertani változások az előrehaladást meggyorsították, tehát mind gazdaságossági, mind minőségi oldalról egyaránt sikeresek voltak.

A nagymérvű fejlesztési munka eredményeképpen jelentősen bővült a feldolgozó program-repertoár. Az első éveket részben a vásárolt programok kijavítására, majd a gépi konfiguráció lehetőségeit jobban kihasználva ezek kiegészítésére és átírására kellett fordítani. A közelmúltban azonban már olyan programcsomag kimunkálása vált lehetővé, amely tartalmazza mindazon jelentős programokat, amelyek nemcsak az időszelvények magas színvonalú elkészítését, hanem ezek értelmezését is elősegítik. Jelentős előrelépés történt a sebesség-meghatározás, valamint a reflexió-detektálás területén.

A gravitációs tevékenység továbbra is a Bouguer-anomália-terek nagyon pontos meghatározására terjed ki. Ennek kielégítése céljából a várható spektrum-szélesség figyelembevételével kerülnek kijelölésre az állomásponatok, lehetőleg szabályos hálózat rácspontjaiban. A szénhidrogénkutatás szempontjából érdeklődésre számot tartó adatokat általában a különböző szűrősorozattal reziduál térképek szolgáltatják. Bonyolult anomáliaképek vizsgálatánál a trend jellegű irányok meghatározásában a kétváltozós autokorrelációs függvény számítása mutatkozik hasznosnak.

Geológiai irányok kiemelésére, illetve felismerésére rendelkezésre állnak irányfüggő karakterisztikájú szűrők is. A közeljövő feladatai közül a gravitációs kutatásban a legfontosabb a sűrűség-eloszlás és a tér-kapcsolat egyértelműségi feltételének vizsgálata lesz.

A mért vagy átalakítással nyert gravitációs adatok szénhidrogénkutatásban történő felhasználása egyre nagyobb jelentőségű a szeizmikus kutatási területek célszerű megválasztásánál, a kialakítandó vonalhálózat kijelölésénél és a szeizmikus szelvények értelmezésénél.

A kőolajkutatásban alkalmazott geoelektromos módszerekre napjainkban a módszertani és műszertechnikai fejlődéssel párhuzamosan az alkalmazás szerepkörének bizonyos fokú megváltozása jellemző.

Az üledékes medencék nagyszerkezeti egyégeinek előkutatás jellegű geoelektromos térképezése a jövőben is folytatódik, azonban ez az ország egyes részeire összpontosul. Ugyanakkor az újabb módszertani fejlődés eredményeként a geoelektromos mérések alkalmazására nagyobb lehetőségek mutatkoznak egyes speciális geológiai kutatási problémák megoldásánál és általában a szénhidrogénkutató geofizika komplex alkalmazásánál.

Ezeket a lehetőségeket a magnetotellurikus módszer alkalmazásának kezdeti tapasztalatai jelezték. A hazai geológiai körülmények mellett a magnetotellurikus módszer különösen a medencealjzat különböző kifejlődéseinek lehatárolásánál adott hasznos információkat a szeizmikus mérésekkel kapott eredmények mellett. Felismerve ennek jelentőségét, a jövőben a magnetotellurikus módszert korszerű műszerezettséggel és számítógépes adatfeldolgozással alkalmazzák, amelynek előkészítése jelenleg intenzíven folyik. A magnetotellurikus méréseket főleg a fúrásoktól távolosó szeizmikus vonalak olyan szakaszain célszerű alkalmazni, ahol a szeizmikus anyag gyengébb minősége, vagy a bonyolult geológiai felépítés miatt a mérések geológiai értelmezéséhez, a geológiai szintazonosítások problémáinak eldöntéséhez szolgáltatathat használható adatokat.

Ugyanígy az elektromos és elektromágneses méréseknek a nagyobb medencemélységek esetén is alkalmazható változatai a jövőben kiterjedt alkalmazást nyerhetnek az üledékes rétegsor, főleg a szénhidrogéntelepes összletek minőség jellegű vizsgálatában is.

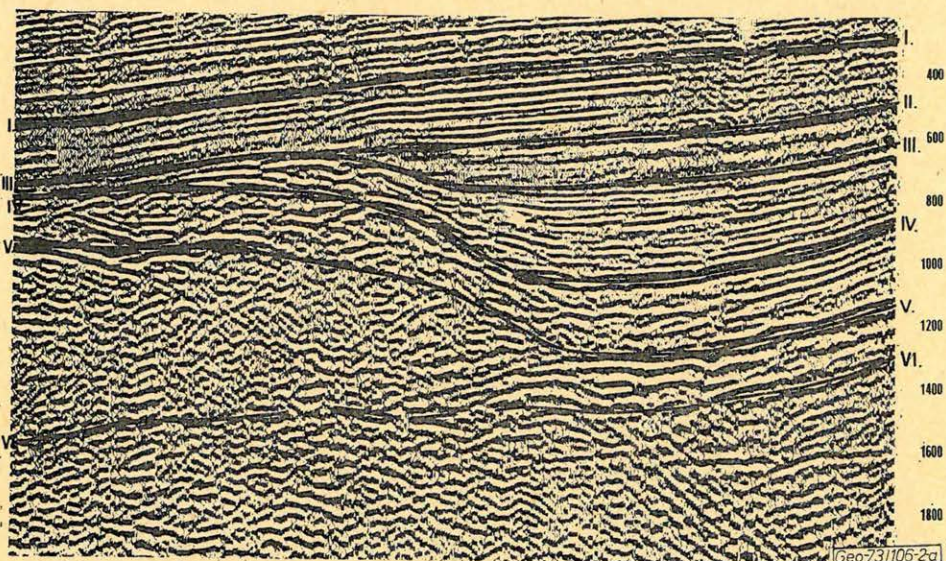
Erre vonatkozóan az utóbbi években már konkrét mérési eredmények is rendelkezésre állnak. Általában eredményesnek ítélné meg ezeknek a módszereknek alkalmazása olyan esetekben, amikor a geológiai felépítés jellegzetességei, a faciesváltozások vagy a szénhidrogéntelepes összletek megjelenése a kőzetek fajlagos ellenálláeloszlásában is tükröződik. Az eredmények feltétele itt is részben a korszerű műszerek biztosítása, részben az igen részletes állomásközi mérés. Ily módon már egyenáramú mérésekkel is lehetőség nyílt gáztelepes rétegsorokban a kutatás számára érdekes jellegváltozások felszínről való kimutatására. A részletes mérések időigényessége itt megköveteli az olyan irányú módszerfejlesztést, amely egyúttal a gyors előrehaladást is biztosítja.

Ezen a téren elsősorban a frekvenciális (spektrum-analízisen alapuló) eljárásoké a jövő. Ezeknek a korszerű eljárásoknak alkalmazásához az OKGT már rendelkezik olyan mérőberendezésekkel, melyek jelenleg kb. 3–4 km mélységű kutatásokra adnak lehetőséget.

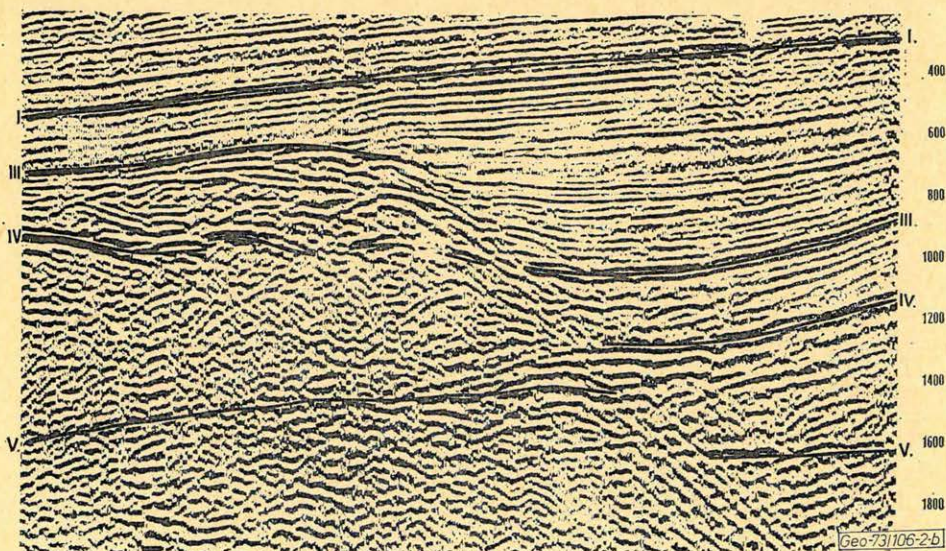
Az eddigiekben vázolt terepi mérési eljárások, feldolgozási módszerek minden egyes kutató módszer esetén a korábbihoz képest jelentős minőségjavulást eredményeztek. Az egyes módszereken belüli javulást az értékelés vonalán alkalmazott „integrált” értelmezés tovább növelte. Hosszas kísérleti periódus és különböző próbálkozások után a nagymélységű, bonyolult felépítésű medencék területén az ott alkalmazott valamennyi módszer adatainak birtokában a fokozatos közelítés elvének felhasználásával lehetővé vált a szeizmikus szelvények esetleges többértelműségét minimálisra csökkenteni, és a földtani felépítésre olyan következtetéseket levonni, amelyekre pusztán csak a szeizmikus adatokból nem lett volna lehetőség.

Felvetődött ezek után a kérdés, hogy az ismertett fejlődés biztosítja-e a szénhidrogénkutatásban a földtani célkitűzések teljes elérését. Erre a kérdésre két okból nem lehet határozott igennel válaszolni. Kétségtávol igaz, hogy az elmúlt évi és a jelenleg folyó kutatásokra általánosan jellemző az anyag-

minőség egyértelmű javulása. Példaként lehet megemlíteni a zalai medencében napjainkban megtalált szénhidrogéntelegeket, olyan területen, hol a korábbi geofizikai mérések és fúrásos kutatások eredménytelenek voltak. Sok esetben azonban a javulás mértéke még mindig nem elégséges a mélybeli kép egyértelmű magrajzolására. Ennek részben felszíni, részben mélységi okai vannak. Itt az okok feltárása, majd az azok megszüntetésére irányuló fejlesztési vagy beruházási tevékenység segíthet. Van azonban a jelenlegi kutatási periódusban olyan nem elhanyagolható megfigyelés is, amelyet a közeljövő kutatási mun-



2/a. ábra - puc. - Fig.



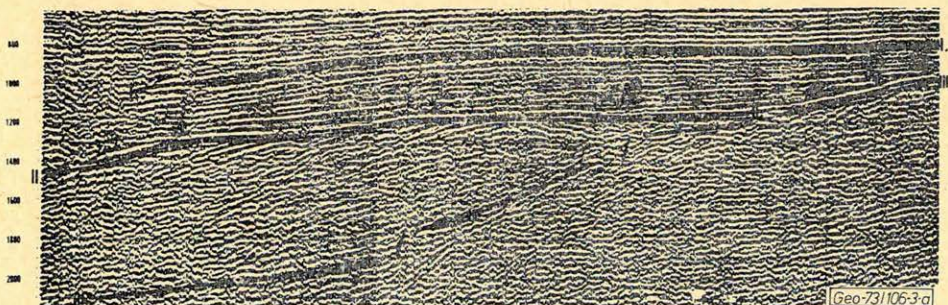
2/b. ábra - puc. - Fig.

káinál minden kőolajkutatással foglalkozó szervnek fontolóra kell vennie a munkák irányításánál és végzésénél egyaránt. A digitális technika alkalmazásával ugyanis olyan mélységtartományba hatoltunk, ahol a bonyolult felépítés és a kis területen belüli jelentős változások a jellemzők.

A helyesen megválasztott mérési módszer és számítógépes feldolgozás útján rendelkezésre álló időszelvény az esetek többségében tartalmazza is a tényleges helyzetet, az értelemző azonban – kellő számú fúrási adat hiányában – mégsem tudja mindazt a szelvényből kivenni és pedig nem azért, mert ehhez nincs meg a felkészültség, hanem azért nem, mert a szelvény többféle variáció elkészítését teszi lehetővé. Vége van tehát annak a korszaknak, amikor a geofizikus mér, majd kiértékel és azután már problémamentesen lehet a mélyfúrásokat kitűzni.

Eljött az ideje itt is a „fokozatos megközelítési elv” alkalmazásának.

A geofizikával szemben mindig hitetlenkedők nyilván azt gondolják, hogy itt a fúrási adatok ismeretében a geofizikai mérési adatok meghamisításáról van szó. Ezzel kapcsolatban hangsúlyozni kell, hogy az időszelvények objektíven – fúrásoktól függetlenül – ábrázolják a földtani szerkezetet. A jelazonosság, frekvencia, amplitúdó és egyéb ismérvek azonban sokszor elégtelenek a szintfolytonosság megszakadásakor a szint egyértelmű nyomkövetésére. A 2a, 2b, 3a, 3b, 4a, 4b, 5a, 5b ábrákon azonos szelvényszakaszok két különböző értelmezési lehetőségére kívántuk felhívni a figyelmet és igazolni azt, hogy a felsőbb szintekre (ábrákon I-el jelölve) a vázolt problémák nem állnak fent. Az összetartozó szelvénypárokon az azonos korúnak feltételezett szintek azonos római számmal vannak megjelölve. A közölt néhány szelvényszakasz



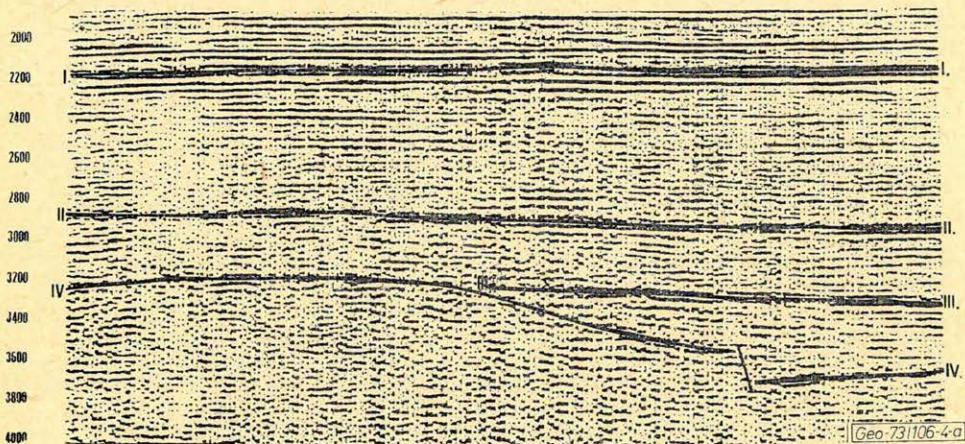
3/a. ábra – puc. – Fig.



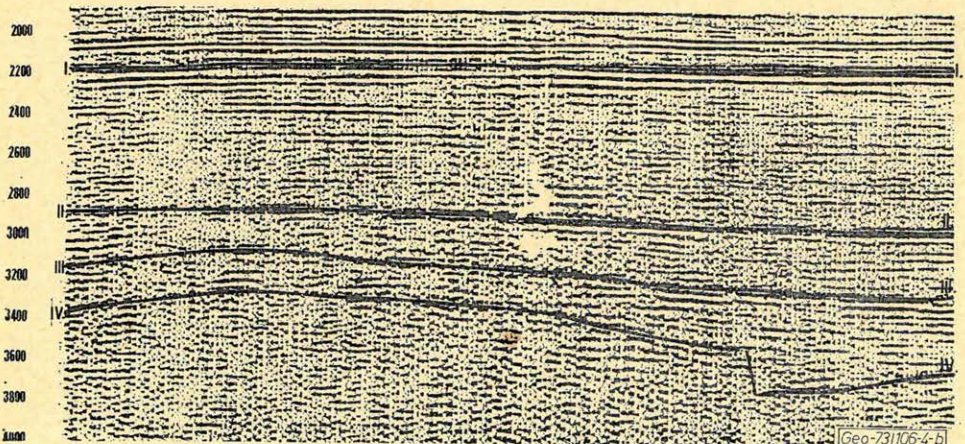
3/b. ábra – puc. – Fig.

úgy gondoljuk – minden részletesebb taglalás nélkül – érzékelteti, hogy az egyes esetekben olyan nagy különbségek is adódhatnak a kétféle (vagy többféle) értelmezés között, amelyek a terület szénhidrogénföldtani megismerése szempontjából is jelentősek lehetnek. Itt kétségkívül segíthet sűrűbb vonalhálózat és számítógépes programok alkalmazása, egyéb módszerek szolgáltatása adatok felhasználása, de nem nélkülözhető a mélyfúrási adatok figyelembevétele sem. Ne várjunk és ne várjanak a felhasználók sem a geofizikusoktól rögtön az első lépésben „végleges” értelmezést, ha újabb adatok birtokában újabb, a valóságot jobban megközelítő variációk kerülnek kimunkálásra. A külföldi szakcikkekben, „*case history*”-kban megjelenő leírások egyre-másra utalnak a geofizikai- és a fúrásos-kutatás közeledésére, és olyan értelmezési rendszer kidolgozására, amely mindig csak a szóban forgó kutatási fázis feladataihoz szolgáltat geofizikai adatokat.

A maximális adatszerzés-biztosítást tehát kettős útvonalon kell megkísérelni. A geofizikai oldalon: optimális terepi eljárás és szélesebb skálájú feldol-



4/a. ábra - puc. - Fig.

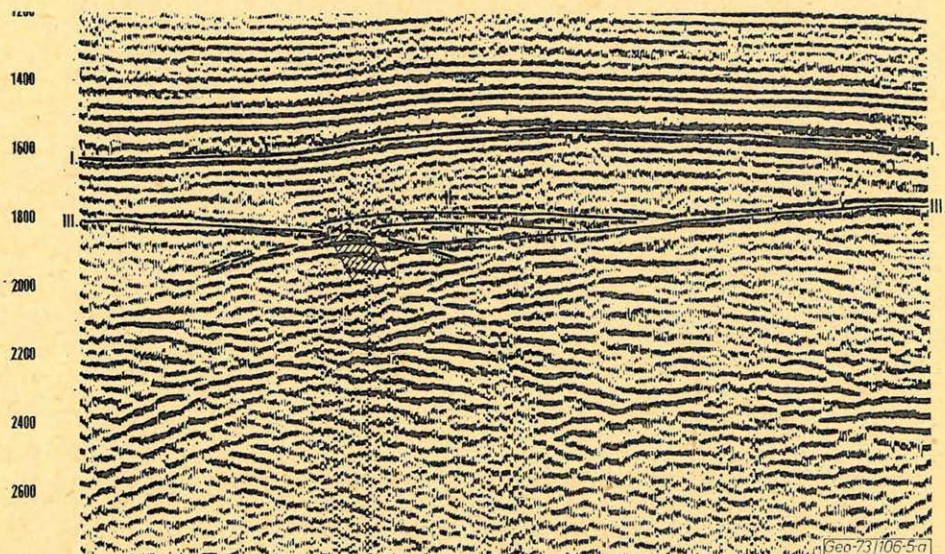


4/b. ábra - puc. - Fig.

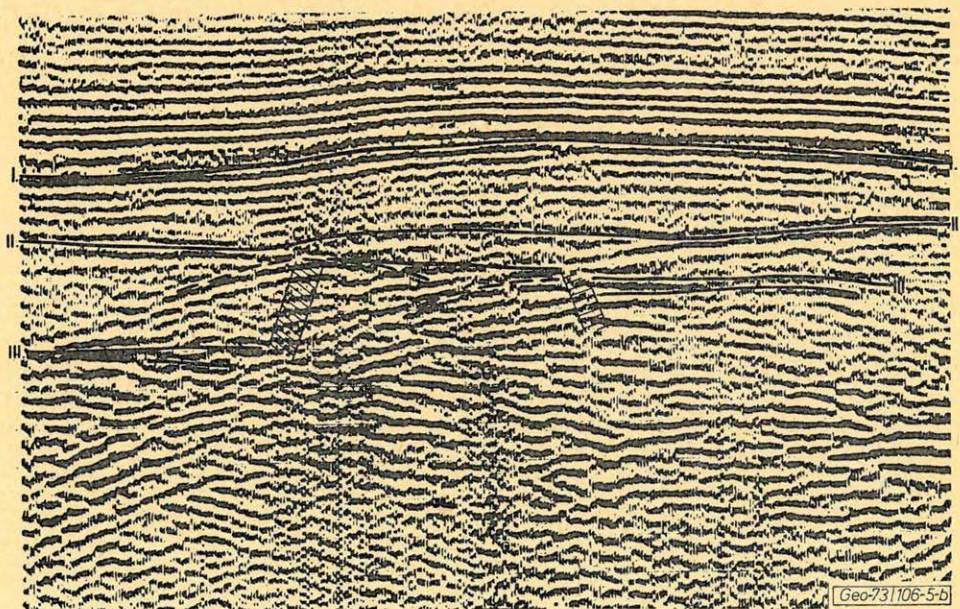
gozások útján minőségi időszelvény készítése, majd a kész időszelvényeken olyan utólagos kiegészítő műveletek számítógépes elvégzése, amelyek a szubjektív szintjelölést minimálisra csökkentik. Ezután kell következniük a fúrási adatoknak, melyek az adatok megbízhatóságát, realitását tovább emelik.

Végül néhány szót a hazai szénhidrogénkutatósi feladatokról.

Imeretes, hogy a szénhidrogének területén világszerte problémák jelentkeznek az egyre növekvő igények kielégítése vonalán. Nap mint nap arról



5/a. ábra - puc. - Fig.



5/b. ábra - puc. - Fig.

olvashatunk, hogy a különböző országok kormányai napirendre tűzik távlati energiaszükségletük kielégítését biztosító források felmérését. Természetes, hogy legelőször a saját országban rendelkezésre álló lehetőségek kiaknázásra kell összpontosítani.

Ez történt Magyarországon is. A Minisztertanács az év aug. hó folyamán fogadott el határozatot a hazai szénhidrogénkutatások távlati növekedésével kapcsolatban. Ez többek között a hazai szénhidrogén-geofizikának is nagyon szép, de egyúttal felelősségteljes feladatokat jelent. Nemcsak mennyiségi növekedésről van ugyanis szó, hanem olyan területek mielőbbi kutatásbavételéről is, amelyek az eddiginél is modernebb eszközöket, alaposabb mérési eljárásokat, kibővített számítógépes feldolgozást, és elmélyültebb értelmezést igényelnek.

Felsőbb szervek az ehhez szükséges eszközöket rendelkezésünkre bocsátják, rajtunk magyar geofizikusokon, tágabb értelemben az egész hazai kutatógárdán múlik, hogy a felkínált lehetőséget újabb szénhidrogéntelegek felfedezéséhez való hozzájárulásunkkal viszonzzuk.

Befejezésül köszönetet kívánok mondani mindazoknak akik az áttekintő előadás összeállításában résztvettek. Így mindenekelőtt az ELGI az OKGT Geofizikai Főosztálya és a GKŰ munkatársainak.

MAGYAR GEOFIZIKA XIV. ÉVF. 5 – 6. SZÁM

Lapszemle

Bányászati és Kohászati Lapok, Kőolaj és Földgáz 6/106 10. sz. 1973. október

Alliquander Ödön: A nagymélységű gázkutak fúrási és kútkiképzési tervének alapelvei a Kárpát-medencében, 295 – 299 old.

Szerző tárgyalja azokat a különleges szempontokat, melyeket a Kárpát-medencében jelentkező rendellenesen kis geotermikus mélységlépcső, illetve rendellenesen nagy telepnyomás helyez előtérbe a nagymélységű kutak kiképzésénél.

T. G

J. J. Belcsev – R. M. Bajev (150 – 154 old.)

IRODALOM

- [1] *Асланов А., О. Бояджиян, И. Власковски, Ж. Дойков*: Доклад за резултативе от геолого-проучвателните работи, извършени в участъците „Керемидото” и „Карцалево” на месторождение „Граматиново” в периода от 1957 до 1965 г., с изчисление на запаса. Фонд на ДСО „Геоложки проучвания”, София.
- [2] *Белчев И. И.*: Някои резултати от подземните геофизични изследвания в рудник „Керемидото”. Юбилейный ежегодник том XVIII 1968/1969. Министерство химии и металлургии, Геологический комитет, „Техника” София, 1971.
- [3] *Белчев И. И.*: Методика на подземно геолошко проучване с използване на геофизични методи. Жур. „Рудодобив”, № 9/10, 1972, София.
- [4] *Попов А. А.*: Методическое руководство по скважинному радиоволновому просвечиванию. ОНТИ ВИТР, Ленинград, 1965.

Ércetek komplex fúrásos és geofizikai felderítésének és kutatásának módszertana a „Keremidoto” ércbányában, DK-Bulgáriában

I. I. BELCSEV — R. M. BAJEV

Az előfordulás ércetei rétegzetten települnek títón korú szerezites-klorites palákban. A testek kis kiterjedésűek. Fő érces anyagok a magnetit, vascillám, kalkopirit és pirít. Ezek az ásványok két ércvényt alkotnak: tömzöket nagy magnetit és vascillám tartalommal és teléreket (vékonyan rétegzett és hínített ércesedés), melyek szinte egyáltalán nem tartalmazzák a fenti két ásványt. A termelés objektuma a réz.

Az ércék és a környező kőzetek jól elkülöníthetőek a sűrűség, mágneses szuszceptibilitás, elektromos ellenállás és polarizálhatóság alapján. Ennek az elkülöníthetőségnek és kísérleti-módszertani vizsgálatok alapján a felderítő-kutató munkák sorába felvették a rádióhullámos átvilágítás módszerét. Az új komplex metodika szerint meghatározott távolságonként vízszintes fúrásokat mélyítenek 80–100 m hosszúsággal. Ezután a fúrólukak és a vízszintes vágatok között végzik az ércetek felderítését rádióhullámos átvilágítással. A méréseknél a műszert mind ugyanarra, mind különböző szintekre helyezik. A kimutatott és részletesen tanulmányozott anomáliákat fúrással ellenőrzik.

Az áttekintett felszínalatti felderítő-kutató komplexum a készletvolumen növekedésére, a fúrási hálózat ritkítására és a felderítő-kutató munkák relatív, ill. abszolút költségeinek csökkentésére vezet.

Рудные тела месторождения залегают полойно в серицит-хлоритовых сланцах титонского возраста. Тела имеют небольшие размеры. Основными рудными минералами являются манетит, железный блес, халькопирит и пирит. Эти минералы дают два типа руд; массивные с большим содержанием магнетита и железного блеска и полосчатые (прожилково-вкрапленные), которые почти не содержат эти два минерала. Объектом эксплуатации является медь.

Руды и вмещающие породы хорошо дифференцируются по плотности, магнитной восприимчивости, электрическому сопротивлению и поляризуемости. С учетом этой дифференциации и в результате проведения опытно-методических исследований в поисково-разведочные работы был включен метод радиоволнового просвечивания. По новой комплексной методике через определенные расстояния бурятся горизонтальные скважины, длиной до 80–100 метров. После этого между скважинами и горными выработками методом радиоволнового просвечивания производятся поиски рудных тел. Исследования ведутся при расположении аппаратуры как на одном и том же, как и разных горизонтах. Обнаруженные и детально изученные аномалии проверяются буровыми работами.

Рассматриваемый подземный поисково-разведочный комплекс приводит к увеличению объема приращиваемых запасов, к разрежению буровой сети и к снижению относительных или абсолютных затрат на поисково-разведочные работы.

The ore bodies of the mine are deposited in layers among sericitic and chloritic shales of titon age. The bodies are of small dimensions. Their main ore components are magnetite, iron mica, chalcopirite and pirite. These minerals form two types of ores: stocks with high content of magnetite and iron mica and veins (streaks and disseminated mineralization) which are almost completely free of the above two minerals. The object of production is copper.

The ores and the rock matrix can be readily separated on the basis of density, magnetic susceptibility, electric resistivity and polarizability. Due to this possibility of separation and in the result of experimental methodical work the method of radiowave transillumination has been included in the complex of reconnaissance and exploratory works. According to the new complex methodics horizontal boreholes are drilled with 80–100 m length at fixed intervals. Following this radiowave transillumination is used for detecting ore bodies between the boreholes and horizontal openings. For these measurements the instrument is located on both the same and different horizons. The revealed and precized anomalies are checked by drilling.

A „Keremidoto” előfordulás területének földtani felépítésében títón korú szerezites-klorites palák, szarukövek, dioritek és teléres kőzetek vesznek részt

[1]. A szericites-klorites palák foglalják el a terület nagy részét. Az intrúziók és az ércetek körül a palák kontakt-hidrotermális metamorfózisa figyelhető meg. A grammatikovai intrúzió apofizise keskeny sávban húzódik keresztül az előforduláson. A teléres kőzetek diorit-porfiritkekből, gabbro-dioritkekből, szpesszartitekből stb. állnak.

Az érc szericites-klorites palák közé települ és a diorit tömzs körül vagy az alatt helyezkedik el. Az érc a palák rétegződését követi. Az érces zóna 260° *azimut* alatt húzódik. Az ércetek körül hidrotermális metamorf zóna fejlődött ki, 25 m -t elérő vastagsággal. Ez a zóna intenzíven kloritesedett és karbonátosodott szericites-klorites palákból áll. Az ércetek megismétlik a palák kisebb gyűrt szerkezeteit. Változatos formájúak és különböző a dőlésszögük, 30° -tól 80° -ig északkelet felé. A testek méretei nem nagyok (1. és 2. ábra).

Genezis szerint az előfordulást hidrotermális-metasomatikusnak tekintik [1]. A fő érces ásványok a következők: magnetit, vascsillám (hematit), kalkopirit és pirit. A vascsillám a magnetit martitizációja útján keletkezett. Az előforduláson kétféle érc típus figyelhető meg: tömzsös, nagy magnetit-, hematit-, és szulfidtartalommal, és teléreshintett (csikozott), mely utóbbiban szinte teljesen hiányzik a magnetit és a hematit. A tömzsös ércek a készletek volumenének több mint 60% -át teszik ki. Egyes ércetek körül a hintett szulfidos mineralizáció szóródási udvarai fejlődtek ki.

A termelés objektuma a réz. A vasat mellékesen termelik és járulékos komponensként vonják ki.

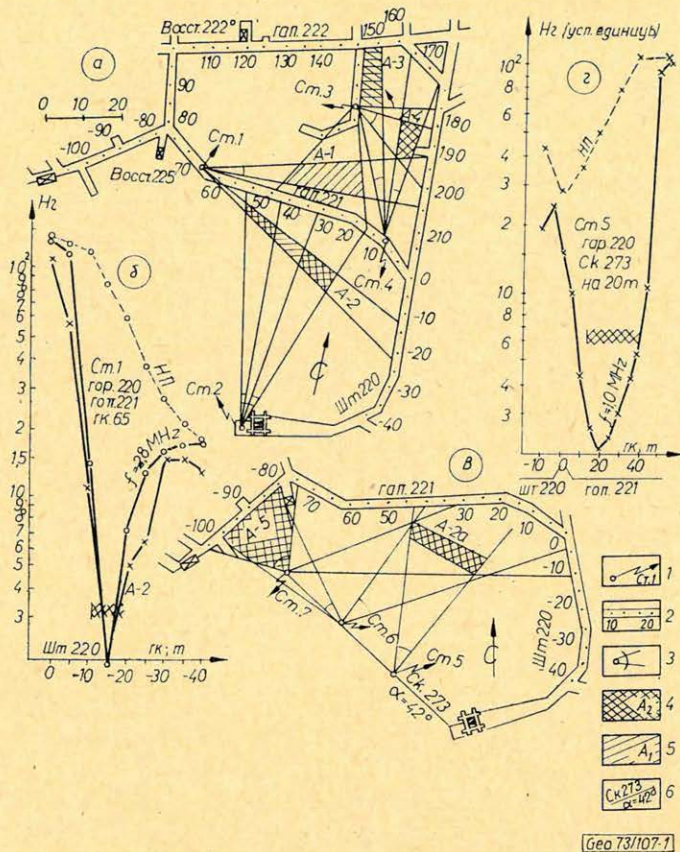
Az előforduláson elég erősen kifejlődött a töréses tektonika. Ennek következtében sok ércetest széttört, részeik pedig elmozdultak függőleges vagy vízszintes irányban. Az elmozdulások amplitudója $5-10\text{ m}$ -t is elér.

Az előfordulást aknával tárták fel, melyből 40 m -ként vízszintes vágatokat hajtottak ki. A legfelső a 260 -as szint. Ezen és a 220 -as szinten befejeződött a fő ércetek kiaknázása. Jelenleg a tisztító munkákat a 180 -as szinten végzik. A készletek nagy részét (80%) már kitermelték.

Az előfordulás nagyobb részének kitermelésénél nem végezték el a vágatokat környező térben az ismeretlen ércetek rendszeres kutatását. Néhány helyen a fő vágatokból 50 m -ként harántvágatokat hajtottak ki. Ott, ahol érceteket vártak (felszíni fúrási és egyéb adatok alapján), fúrásokat mélyítették morfológiájuk pontosabb meghatározása céljából. Ezeket a fúrásokat 20 m -ként mélyítették vagy pedig tetszőleges hálózat szerint (2a ábra – 261 gal.). A felszínalatti kutatásnak ez az önkényes metodikája ipari jelentőségű ércetek kihasználására vezetett. Ezért technikai vágatok és fúrólukak készítésénél néha váratlanul újabb ércetek tárultak fel. Ez rámutatott annak a szükségességére, hogy rendszeres kutatómunkákat kell végezni a meglévő szinteken és vissza kell térni a már kitermelt szintekre újabb vágatok kihajtása útján – 2a ábra, 265 gal. (*galeria = táró*).

Kutatómunkákkal megállapították, hogy az ércbányában kedvező feltételek vannak számos geofizikai módszer alkalmazására. Az ércek és a környező kőzetek jól elkülöníthetők sűrűség, mágneses szuszceptibilitás, fajlagos elektromos ellenállás és polarizálhatóság alapján. A tömzsös ércetek jól mérhető mágneses anomáliákat hoznak létre. Valamennyi ércetest erősen elnyeli az elektromágneses hullámokat (1b és 1d ábra). A rádióhullámos átvilágítás behatolása $1,0\text{ MHz}$ frekvencián 110 m , $2,8\text{ MHz}$ frekvencián max. 90 m (1b ábra).

A bányában végzett kutatómunkák alapján a felszínalatti geológiai kutatás új metodikáját vezették be. Ezen metodika szerint az ércetek kutatását



1. ábra. Kutatás bányafeltárások között

a) Helyszínrajz, mely a horizont szintjén végzett munkálatok eredményeit tartalmazza; b és d – az elektromágneses térerősség diagramjai; c – helyszínrajz azokról az anomáliákról, melyeket a horizont és a ferde fúrás (No 273.) közötti vizsgálatok tártak fel. 1 – generátor állomások és azok száma; 2 – jelzőcövekek; 3 – rádióhullám-átvilágítással nyert anomáliák izovonalai; 4 – rádióhullámos átvilágítás intenzív anomáliái és azok száma; 5 – rádióhullámos átvilágítás gyenge anomáliái, 6 – fúrások, azok száma és dőlése

Рис. 1. Проведение поисковых работ между горными выработками
 a – план с результатами работ, проведенных на уровне горизонта; б и д – графики напряженности электромагнитного поля; в – план с проекциями аномалий, обнаруженных при исследовании между наклонной скважиной (№ 273) и гор
 1 – станция генератора и ее номер; 2 – пикеты; 3 – границы (засечки) аномалии МРП; 4 – интенсивная аномалия МРП и ее номер; 5 – слабая аномалия МРП; 6 – скважина, ее номер и угол наклона

Fig. 1. Exploration between mine openings

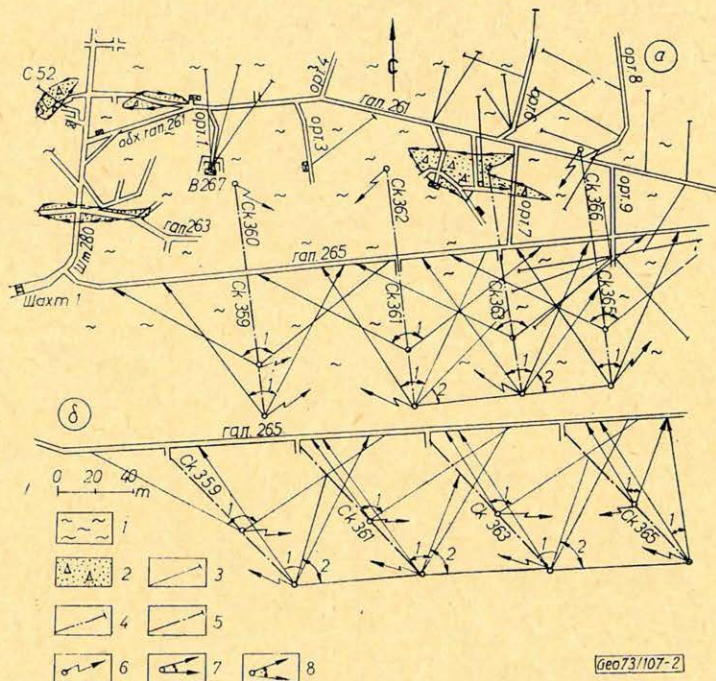
a) Site map indicating the results of works carried out at the level of the horizon; b and d – diagrams of electromagnetic field intensity; c – site plan with the projections of anomalies discovered by investigations between the inclined borehole (No. 273) and the horizon.

1 – generator station and its number; 2 – pickets; 3 – contours of anomalies of radiowave-transillumination; 4 – intensive anomaly of radiowave transillumination and its number; 5 – weak anomaly of radiowave transillumination; 6 – borehole, its number and angle of dip

rádióhullámos átvilágítással (MRP) végzik föld alatti fúrással kiegészítve. A fúrólukakat a rádióhullámos átvilágítás behatolása által megszabott távolságra telepítik egymástól. A bányavágatok közötti, a vágatok és a fúrólukak

közötti és a fúrólukak közötti teret *MRP* módszerrel tanulmányozzák. Új területrészekben a fúrólukakat a korábban kijelölt hálózat alapján telepítik (2. ábra – 265. gal). Olyan esetekben, mikor a teret a meglévő vágatokból lehet vizsgálni, nincs szükség fúrások mélyítésére (1a ábra).

Az *MRP*-vel végzett kutatómunkáknál a rádióhullám-generátort lebocsátják a fúrásba és meghatározott ponton (állomás) rögzítik úgy, hogy a vizsgálatot a várható érctestek csapására keresztben végezhesék. Megbízható ered-



2. ábra. Új bányarészekben eszközölt kutatások

a) – A 260. sz. horizont tervrajza a régi (261-es galéria) és a tervezett (265-ös galéria) hálózatban végzett kutatásokkal, b) – A fúrási és geofizikai munkálatok vázlata az optimális variáns szerint: 1 – kvarcos-sericitites palák, 2 – érc, 3 – 1970 előtt eszközölt fúrás, 4 – tervezett ferde fúrás, 5 – tervezett vízszintes fúrás, 6 – generátor állomás, 7 – a rádióhullám-átvilágítással felkutatott térség határai (adó a fúrólukban – felvevő a galériában), 8 – ugyanaz, de a felvevővel a fúrólukban

Рис. 2. Проведение поисковых работ на новом участке

a – план горизонта No. 260 с сетью старых (гал. 261) и проектных (гал. 265) разведочных работ; б – схема буровых и геофизических работ по оптимальному варианту 1 – кварц-серicitитовые сланцы; 2 – руда; 3 – скважина, пробуренная до 1970 г.; 4 – наклонная проектная скважина; 5 – горизонтальная проектная скважина; 6 – станция генератора; 7 – границы изученного МРП пространства при передаче из скважины и приеме в галерее; 8 – то же, но при приеме в скважине

Fig. 2. Exploration in new mine sections

a – Site plan of horizon No. 260 with the network of old (gallery No. 261) and of projected (gallery No. 265) exploratory works. b – Sketch of drilling and geophysical works carried out according to the optimal variant.

1 – quartz-sericitic shales; 2 – ore; 3 – borehole drilled before 1970; 4 – planned inclined borehole; 5 – planned horizontal borehole; 6 – generator station; 7 – limits of the space explored by radiowave transillumination with transmitter in the borehole and receiver in the gallery; 8 – the same with receiver in the borehole

mények előállítására a tér távoli részeit különböző fúrásokból sugárzott hullámokkal fedik át (2. ábra, 265. gal.). Az elektromágneses tér mérését a vágatokban és fúrásokban 5 méterenként végzik. Az ércetestek méretétől és a kutatás szükséges részletezésétől függően ezt a távolságot növelik vagy csökkentik.

A felfedezett anomáliákat a generátor különböző állomásairól történő adással részletezik. Az állomásokat úgy helyezik el, hogy minél több információt kapjanak a várható ércetestek morfológiájáról. Részletezés után a perspektivikus anomáliákat vágatokkal vagy fúrásokkal ellenőrzik. Gazdaságossági szempontból az ellenőrzést fúrással kell elvégezni. Az ellenőrző fúrásokat kiegészítő rádióhullámos átvilágításra használják fel az ércetestek formájára és települési elemeire vonatkozó újabb adatok nyerése és az adott szakaszon újabb térség átvizsgálása céljából (1c ábra).

Az 1. és 2. ábrán mutatjuk be az új metodikával végzett munkák példáit. Az 1. ábrán feltüntetett vágatok között csak az $A-3$ anomáliát okozó ércetest volt ismert. Más ércetestek jelenlétének ellenőrzése céljából a szakaszt rádióhullámos átvizsgálással vizsgálták. Ezzel a vizsgálattal megállapították az $A-1$, $A-2$, $A-3$ és $A-4$ anomáliákat. Ezeket érces hatónak tulajdonították és javasolták az ellenőrzésre. Vágatokkal az $A-1$ anomália alatt nemkondicionális ércesedést tártak fel. Úgy gondolják, hogy emelkedő irányban kondicionális érc jelentkezik. Az $A-2$ anomália alatt ércetömszöt fedeztek fel, melyet termelésbe vettek. Az $A-4$ anomáliát még nem ellenőrizték.

Az $A-2$ anomáliát létrehozó ércetest 8 m magasságban kiemelkedett. Emelkedő irányban való folytatásának kutatása céljából földtani megfontolások alapján két fúrást mélyítettek le (az 1. ábrán csak a 273. fúrás van feltüntetve). A fúrások nem harántoltak ércet. Ezen fúrólukak közül az egyiket (No. 273) felhasználták a 220 és 260 szintek közötti tér egy részének rádióhullámos átvilágítására. Az 5, 6 és 7 állomásokból (1c ábra) történő adásánál és a 221 gal. mínusz kitűzőléceinél végzett észleléseknél az intenzív $A-5$ anomáliákat regisztrálták, a 260 szinten végzett észlelésnél pedig kisebb anomáliát mutattak ki az $A-2a$ anomália alatt. Ezek az adatok azt mutatják, hogy az $A-2$ és $A-2a$ anomáliát okozó ércetest alatt csak kisebb ércelencse van, tőle oldalra viszont 7–10 m magasságban jelentkezik az $A-5$ anomáliát előidéző ércetest. Emelkedő vágattal ezen anomália alatt jó ércet tártak fel. Ily módon a vizsgált szakaszon rádióhullámos átvilágítással fúrás nélkül a szint magasságában 3 ércetestet találtak. A fúróluk felhasználásának eredményeként még egy ércetestet fedeztek fel és bizonyították, hogy az $A-2$ test emelkedő irányban nem folytatódik. Ezen a részen indokolatlanul fúrtak két fúrólukat, melyek nem harántoltak ércet. Közülük az egyik geofizikai vizsgálati célokra volt alkalmazható, de a másik teljesen feleslegesnek bizonyult.

Az áttekintett esethez hasonlóan lehet átkutatni mindazon részeket, ahol a tér vágatok között van. Az MRP generátor lebocsátására szolgáló egy vagy több fúróluk lemélyítése útján a vizsgált tér jelentősen kibővíthető.

Az új metodika előnyei ahhoz a metodikához képest, melynél csak vágatokot és fúrást alkalmaznak, látható a 261 gal. körüli térben végzett kutatómunkák analízisének (2a ábra). Itt a 6. keresztvágattól nyugatra 6 fúrólukat mélyítettek, de nem fedeztek fel ércetesteket. Ha alkalmazták volna az MRP módszert, akkor elég lett volna egyetlen fúróluk. A kutatás eredménye pozitív is lehetett volna. Ugyanezen a szakaszon a 6. és 8. keresztvágat között 4 fúrólukat mélyítettek le. A feladat elvégezhető lett volna rádióhullámos átvilágítással fúrás nélkül. A 9. keresztvágat talpából 6 fúrólukat készítettek.

A komplex metodikához itt csak kettő kellene. Az, hogy a vizsgált térben nem találtak ércetesteket, nem jelenti, hogy nincsenek benne. Előfordulhatnak, de kihagyták a nem tökéletes kutatási metodika miatt. Az új metodika szerint végzett kutatások kimutatták volna az összes ércetestet, mivel ilyenkor a tér folyamatos vizsgálatát végzik el.

A 2. ábrán mutatjuk be az 1973. évi kutatómunkák tervét a 265 gal. körül az új metodika alkalmazásával. Itt nem alkalmazható a rádióhullámos átvilágítás módszere fúrólukak jelenléte nélkül. A 261. táró és az összes belőle kihajtott vágat beomlott. A terv szerint a fúrások rendeltetése az ércetek kutatása és a rádióhullám-generátor elhelyezése. A legközelebbi teret a fúrólukak és a 265. táró között a lyukból történő adás és a tárón történő vétel mellett fogják vizsgálni, a távolabbi tér vizsgálatánál pedig a fúrólukból adnak és fúrólukokban veszik a hullámokat. Az ábrán látható az a terület, melyet a generátor egyes állomásairól vizsgálni lehet. A generátor állomáshelyeit feltételesen tüntettük fel, mivel a generátor a fúróluk bármely pontjában elhelyezhető. A kutatómunkák terve ezen a részen sok hiányosságot tartalmaz, mivel nem veszik figyelembe a rádióhullámos átvilágítás módszerének néhány elméleti és gyakorlati sajátosságát. Itt a fúrásokat a 265. táróra 90° szög alatt telepítették, ami megnehezíti a vizsgálatot törzsük kezdeténél. A generátor dipólusának (antennájának) folytatásában az elektromágneses tér nulla lesz, vagyis a fúróluk elejénél hamis anomáliákat fognak regisztrálni. Ezen ok miatt ezt a területet a szomszédos fúrólukból végzendő adással kell átfedni. Ennek megvalósításához a fúrólukak közötti távolságot a rádióhullámos átvilágítás lehetséges behatolásának számításba vételével kell meghatározni. A vizsgált esetben a 359. és 361. fúrások közötti távolság (2a ábra, 265. táró) túlságosan nagy és nem ad lehetőséget a köztük levő teljes tér tanulmányozására.

Az áttekintett metodika abban az esetben ad optimális eredményeket, mikor a fúrásokat a vágatra bizonyos szögben telepítik. A 2b ábrán látható ilyen eset. Itt a vágat és a fúrások közötti szög 50° . Ez lehetőséget ad a fúróluk elejénél levő tér megbízható tanulmányozására. Ugyancsak adva van a várható ércetek csapására keresztben való átvilágítás lehetősége, mind a táróban, mind a fúrólukokban végzett vételnél.

Az új metodika felbontóképességének fokozására az alkalmazott módszerek komplexumába fel kell venni a mágneses kutató módszert is. Segítségével ki lehet mutatni olyan ércetesteket, melyek a vágatoktól 5–10 m távolságban vannak. Ez a módszer megadja a kimutatott ércetek legközelebbi végeinek települési elemeit és megkönnyíti a rádióhullámos átvilágítás anyagainak értelmezését. Segítségével fokozható a vizsgált tér volumene is.

Következtetések

A „*Keremidoto*” ércbányában alkalmazott új kutatási metodika a következő pozitív eredményekre vezet a régi metodikához képest:

1. csökkenti a fúrási munkák volumenét;
2. fokozza a készletgyarapodást a tér folyamatos vizsgálata következtében;
3. csökkenti a készletgyarapodás egy tonnájára eső költségeket.

Az új metodika komplexumába fel kell venni a mágneses kutatómódszert is.

A komplex geofizikai mérések módszertani kérdései a Vértes-hegység előterében

HOFFER EGON - NYITRAI TIBOR - RÁNERGÉZA -
SZABADVÁRY LÁSZLÓ - SZ. PINTÉR ANNA

A Komárom - Kisbér - Mór - Tatabánya határolta, 620 km²-es területre az 1971. évi gravitációs előkészítő mérések hívták fel a figyelmet. A medencealjat az ideig ismeretlen - és helyenként meglepően kismélységű (150 - 600 m) - szerkezeteit jelezték. Az 1972. évi komplex mérések és a lemélyített első ellenőrzőfúrások igazolták a gravitációs adatokat. Feltételezhető, hogy ezek a szerkezetek a Vértes-hegység Ny-i szárnyának mélybesüllyedt részei, amelyek (a móri árok felszín alatti kereszteződése után) csatlakoznak a Bakony-hegység rédei, illetve sur-akai felszín alatti sasbércéhez. A Vértes-hegység Ny-i szárnya nagy területre terjed ki, olyan részekre is, amelyeket korábban a Kisalföld medencéjének vélték.

Az előadás a terület bonyolult földtani-geofizikai modelljét elemzi, a legújabb geofizikai paraméter-fúrások eredményeinek tükrében. Kitér arra, hogy különböző mezozoós képződmények előfordulásakor a geofizikai vezérszintek milyen földtani szinttel azonosíthatók. Példán szemlélteti a gravitációs számítógépes feldolgozás és az ezt figyelembe vevő vertikális elektromos szondázások együttes alkalmazását, a gravitációs-geoelektromos előkészítő mérések szerepét a szeizmikus refrakciós szelvények telepítésénél. Kitér a mikrogravitációs szelvények, valamint az egy és két áramvonalas potenciáltérképezés alkalmazására egymásra merőleges vetőrendszerek felderítésénél és részletesebb körülhatárolásánál. Ismerteti a gravitációs nagysűrűségű és szeizmikus nagysebességű aljzat mélység ellentmondásait. Végül bemutatja az egyszeres és többszörös fedésű reflexiós mérések első eredményeit, amelyeket a kismélységű szerkezeteket takaró üledékösszetétel bontására alkalmaztak; segítségükkel a kisebb medencék eocén és kréta képződményeinek elhelyezkedését vizsgálták.

Az előadás végül felhívja a figyelmet:

a) a geofizikai árnyékoló rétegek felismerésének fontosságára. E rétegek kora és fizikai sajátossága a területen belül lényegesen változik: ennek megfelelően kell változtatni a komplex kutatás módszereit is. Pl. egy viszonylag jelentéktelen alsó oligocén homokkő összetételű geoelektromos méréseknél 0^o szintként jelentkezhetik, és a mélyebbrehatolást megakadályozza: a felszínközelsége emelkedő triász földolomít rögök helyenként annyira porló, mállott kifejlődésűek, hogy a refrakciós mérésekkel nem ismerhetők fel, a nagysebességű szint mélyen a dolomiton belül halad; ugyanez a jelenség a dachsteini mészkőnél még egyszer sem lépett fel.

b) Topográfiaiailag megfelelő területeken a költségesnek tartott stacking mérések gazdaságosan alkalmazhatók, ha az „olcsóbb” módszerekkel egy-egy stacking szelvény telepítését jól előkészítjük. Ez utóbbi módszerrel a jellemző helyre telepített geofizikai paraméterfúrások befejezte után mérünk.

На район с площадью 620 кв.км, ограничиваемый линией, связывающей пункты КОМАРОМ - КИШБЕР - МОР - ТАТАБАНЬЯ, внимание было направлено подготовительными гравиметрическими работами, проведенными в 1971 г. Они указали на раньше неизвестные структуры в основании бассейна, которые местами залегают на поразительно небольшой глубине (150 - 600 м). Проведенные в 1972 году комплексные измерения и пробуренные первые проверочные скважины подтвердили данные гравиметриков. Можно предположить, что эти структуры представляют собой погруженные части западного крыла горы ВЕРТЕШ, которые (после подземного пересечения морского грабена) присоединяются к подземным горстам БАКОНЬСКИХ гор около сс. РЕДЕ и ШУР-АКА. Западное крыло горы ВЕРТЕШ распространяется на значительную площадь, охватывая части, которые раньше были отнесены к бассейну МАЛОЙ НИЗМЕННОСТИ.

Доклад подтверждает анализу сложную геолого-геофизическую модель района с учетом результатов последних работ по бурению скважин для получения геофизических параметров. Обсуждаются вопросы отождествления геофизических опорных горизонтов с геологическими горизонтами при наличии разных мезозойских формаций. Приводятся примеры совместного применения обработки гравиметрических данных на ЭВМ и вертикального электрического зондирования с учетом полученных результатов, иллюстрирующей

роль подготовительных гравиметрических и электроразведочных работ при заложении сейсмических профилей для измерения по МПВ. Обсуждается применение микрогравиметрической съемки и потенциального картирования с одной или двумя токовыми линиями при выявлении и детальном оконтуривании систем взаимно перпендикулярных сбросов. Излагаются противоречия по глубине высокоплотного основания гравиметрической съемки и высокоскоростного основания сейсморазведки, продольные изменения граничных скоростей сейсмического основания и выводы, которые можно сделать на этой основе о распространении меловых формаций. Наконец, в докладе приводятся первые результаты сейсмических измерений МОВ с однократным и многократным перекрытием, используемых для расчленения осадочной толщи, перекрывающей неглубокие структуры; с их помощью изучилось расположение эоценовых и меловых формаций мелких бассейнов.

В заключении доклада внимание обращается на:

а) важность распознавания геофизических экранов.

Возраст и физические свойства экранирующих пластов изменяются в районе в широких пределах; в соответствии с их изменениями необходимо менять методы комплексной съемки. Например, относительно незначительная песчаниковая толща нижнего олигоцена может выступать в качестве горизонта при электроразведке и препятствовать проникновению в более глубокие слои; поднимающиеся к поверхности глыбы триасового доломита являются настолько выветрелыми, что они не могут быть выявлены измерением МПВ, высокоскоростной горизонт лежит внутри доломита; такое явление никогда не наблюдалось в известняках дахштейна.

б) экономичность работ по методу ОГТ на участках с благоприятным рельефом, если заложение профилей подготавливается „дешевыми“ методами. Метод ОГТ применяется после пробурения параметрических скважин, заложенных на характерной точке.

To the area of 620 km² encompassed by Komárom – Kiskér – Mór – Tatabánya attention was called by the results of preliminary gravity survey in 1971, indicating so far unknown and at certain places surprisingly shallow (150 to 600 m) structures in the basin's bottom. Integrated measurements in 1972 and the first boreholes drilled with the purpose of checking the results supported the gravity data. It can be assumed, that these structures represent sunk parts of the Western wing of the Vértes mountain, which (after having crossed under the surface the Mór graben) attach to the subsurface horsts of the Bakony mountain at Réde and Sur-Aka. The Western wing of the Vértes mountain extends to a big area, even for such parts that were earlier taken for the basin of the Little Plain.

The paper analyses the complicated geological-geophysical model of the area with due consideration of the results of the latest geophysical parameter drillings. The question of identifying the various geophysical key horizons with geological boundaries for various Mesozoic formations is also touched upon. Examples are given to illustrate the joint use of automatic processing of gravity data by computer and of vertical geoelectric sounding, carried out with the consideration of gravity results, the role of preparatory measurements by gravity and geoelectric methods in laying seismic refraction profiles. Discussed are the application of microgravity profiles and of potential mapping with one and two current lines in detecting and locating mutually perpendicular fault systems. The authors describe inconsistencies between the high density bottom of gravity and high velocity bottom of seismic prospecting as regards to depth, lateral variations in the boundary velocities of the seismic basement and conclusions to be drawn from them as to the extension of Cretaceous formations. Finally, the first results of seismic prospecting with single and multiple stacking are shown. This method was used to dissect the sedimentary overburden over shallow structures and to investigate the location of Eocene and Cretaceous structures in smaller basins.

In conclusion the paper turns attention to

a) the importance of recognising geophysical screens. The age and physical properties of these layers undergo essential changes within the area: methods of integrate survey must be modified accordingly. E. g. a comparatively insignificant sandstone series of lower Oligocene may be a horizon for geoelectric measurements, and hinders penetration to greater depths: blocks of the Triassic main dolomite are at certain places so much weathered as to be unrecognizable by refraction measurement, the high velocity horizon lies within the dolomite, but the same phenomenon never occurred in the Dachstein limestone.

b) the possibility of the economical use of stacking methods regarded as expensive in topographically suitable areas, if the laying of stacking profiles has been prepared by „cheap“ methods. Stacking is used after the geophysical parameter drilling, located on a characteristic site, has been completed.

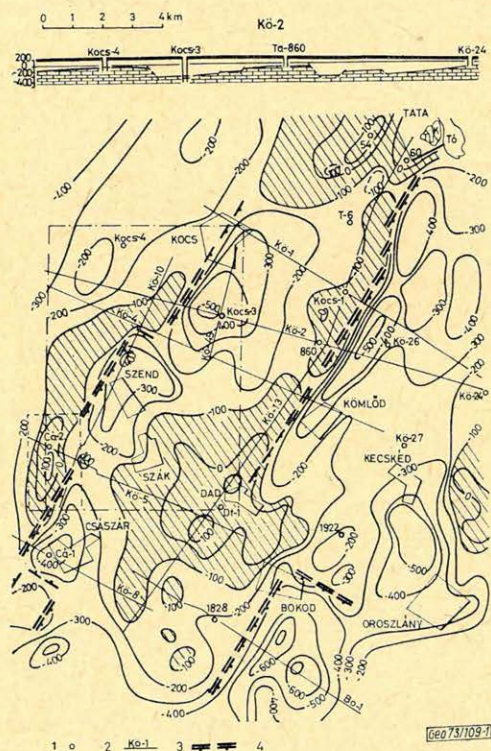
A Vértes-hegység Ny-i előterére az 1971. évi részletező gravitációs mérések hívták fel a földtani kutatás figyelmét.

A terület korábban földtanilag szinte ismeretlen volt feltehetően azért, mert medencealjátát kőszén és bauxitkutatásra, valamint karsztvízfeltáráásra túlságosan mélynek, kőolajkutatásra pedig túlságosan sekélynek vélték.

Az 1971. évi mérések a medencealjat az ideig ismeretlen – helyenként meglepően kismélységű (150–300 méteres) – szerkezetét jelezték. Az 1972. évi komplex mérések és az első ellenőrző fúrások igazolták a gravitációs adatokat. Feltételezhető, hogy ezek a szerkezetek a Vértes-hegység Ny-i szárnyának lesüllyedt részei, és olyan részekre is kiterjednek, amelyeket korábban a Kisalföld mély medencéjének vélték.

A terület földtani-geofizikai modellje bonyolult. A medencealjat legidősebb, ismert képződménye a felső triász dachsteini mészkő. A jura képződmények csak foltokban találhatóak. Jelentős a kréta képződmények elterjedése; vastagságuk helyenként több száz méter. A harmadidőszaki képződményekből az ún. „nyersanyagjelző” eocén a terület DK-i részén a szénmezők előterében, valamint a geofizikai mérések után telepített néhány fúrásból ismert. Uralkodó

az oligocén összlet. A terület Ny-i felén a pannon egyre vastagodó képződményei jelennek meg. A geofizikai vezérszint (az átlagosan 5000 m/s sebességű szeizmikus szint és sok esetben a geoelektromos ρ_{∞} szint) a preausztriai-medencealjjal azonosítható. Például kréta rétegsor előfordulása esetén a cenoman turriliteszes márgát és az albai – uralkodóan agyagmárga – összletet a fizikai állandók a medencekitöltéshez, az apti kionideás mészkövet ellenben már a medencealjzathoz sorolják. Kréta képződmények hiányában a geofizikai vezérszint a jura, illetve triász felszínével azonosítható. A fedőösszletben kimutatott geoelektromos és szeizmikus refrakciós szintek másodrendűek, többnyire az oligocénen belüli képződményhatárokat jelzik. Viszont a többszörös fedésű reflexiós mérések első eredményei igen biztatóak az eocén és kréta szintek elterjedésének a jelzésére.



1. ábra. A preausztriai medencealjat domborzata a Vértes Ny-i előterében. 1. fúrás, 2. geofizikai (szeizmikus-geoelektromos) szelvény, 3. fővető, 4. medencealjat alkotta magasságok

Рис. 1. Рельеф преаустрийского основания в западном предгорном участке района гор Вертеш 1 – скважина 2 – геофизический (сейсмический – электроразведочный) профиль 3 – основной сброс 4 – приподнятые блоки основания

Fig. 1. Relief of the Preaustrian basin bottom in the W foreland of the Vértes mountains

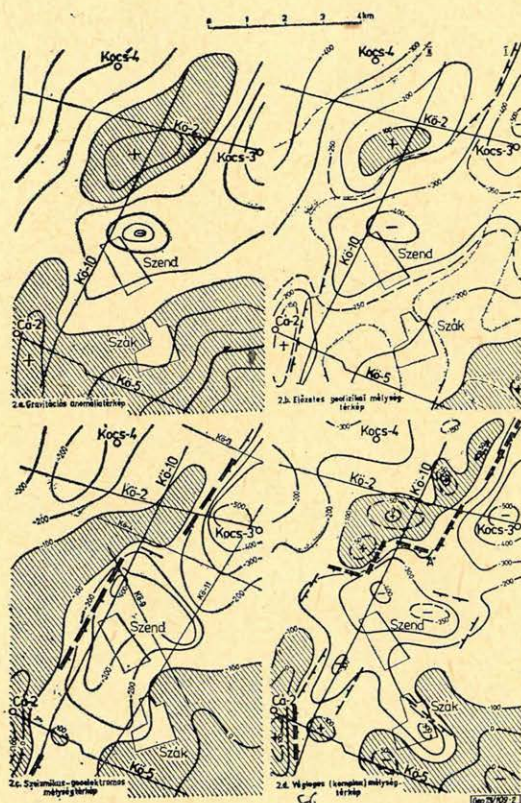
1. borehole 2. geophysical (seismic-geoelectric) profile 3. main fault 4. elevated blocks of the basin bottom

A preausztriai medencealjzat szerkezetét sasbércek és lesüllyedt rögek (tektonikai árkok) jellemzik. Az 1. ábra szemléltetésképpen bemutatja az aljzat domborzati képét. Egy $\text{ÉÉK} - \text{DDNy}$ irányú fővetőrendszer két kiemelkedő rögvonulatot (Tata – Dad, illetve Tata – Kocs – Bakonysárkány), valamint két mélyvonulatot (Kömlőd – Kecskéd – Bokod, illetve Kocs – (Látóhegy) – Szend – Császár) hozott létre. Egy merőleges ($\text{KDK} - \text{NyÉNy}$ -i) vetőrendszer e vonulatokat további egységekre tagolja. A merőleges vetők helyenként csak oldalirányú elmozdulásokat hoztak létre (például Szendtől É -ra), másutt a fővetőrendszerrel közel azonos méretűek és magasságuk többszáz méter. Jellemző az egyes vonulatok Ny -felé billent helyzete (lásd a $\text{Kő} - 2$ szelvényt az 1. ábrán).

A medencealjzat mélységtérképének szerkesztése ilyen területen – a komplex geofizikai kutatás során – több fázison megy keresztül, amíg a nagyszerkezetek létének jelzésétől az egyre pontosabb mélységadatok és részletesebb szerkezeti kép szolgáltatásáig eljut. Az első fázisban kutatófúrás még nem áll a rendelkezésre.

Vizsgáljuk meg például egy kisebb területrészen a szendi medence kutatásánál (1. ábra) a geofizikai információ növekedését a módszerek egymásutáni alkalmazása során.

Először a Bouguer-anomália térkép készült el (2a ábra). A terület gravitációs modellje itt kedvező, a Bouguer-anomáliák már önmagukban is jól jelzik a kis sűrűségű, harmadidőszaki összlet alatt a nagyobb sűrűségű mezozoos aljzat domborzatát: a szendi minimumot és ettől Ny -ra két maximumot. Néhány optimális helyre telepített, kétazimutos szondázás és a távolabb (néha $10 - 20 \text{ km}$ -re) fekvő fúrások segítségével meghatározható a területre jellemző olyan empirikus függvény (gyakorlatilag egyenes), amelynek segítségével a Bouguer-anomáliák közelítő jellegű mélységtérképpé transzformálhatók. Ez a térkép (2b ábra) – a Bouguer-anomáliák átlagoló jellegénél fogva – a mélybeli domborzati



2. ábra. A komplex geofizikai mérések nyújtotta információ növekedése a különböző geofizikai módszerek alkalmazása után. A 2. b térképen: 1. maradékanomália térkép jelezte fővető, 2. másodlagos szerkezeti vonal

Рис. 2. Увеличение объема информации комплексной геофизической съемки по мере применения различных геофизических методов. Карта 2,б: 1 – основной сброс, выявленный на карте остаточных аномалий 2 – вторичные структурные линии

Fig. 2. Growth of information as a result of using integrate geophysical methods. On the map 2. b; 1. Main fault indicated on the map of residual anomalies 2. secondary structural lines

viszonyokat meglehetősen elsímítva, több esetben (a regionális hatások miatt) torzítva jelzi. Ezért e térképet kiegészítjük a maradékanomáliatérképen jelentkező lokális szerkezeti elemekkel. Az így nyert „előzetes” mélységtérkép (és szerkezeti vázlat) kizárólag a szeizmikus-geoelektromos közös szelvények telepítéséhez szolgáltat alapot.

A kutatás következő fázisában refrakciós méréseket és néhány szintazonosító geoelektromos szondázást végzünk. Az ellenőrzött mélységadatok és a két módszer fizikai paramétereinek felhasználásával készül a következő mélységtérkép (2c ábra). Ez a földtanilag már értelmezett térkép a mezozoós, karbonátos medencealjzat domborzatát ábrázolja és a fővetőrendszer elhelyezkedését is meghatározza. Részleteiben pontos a szelvények mentén, a szelvények közötti 1–10 km²-es területrészekon viszont csak interpolációval készül. A merőleges vetőrendszer létét csak sejteti, és nem jelzi a kisebb (10–100 m-es) vetők elhelyezkedését.

Ezután a gravitációs adatok ismét szerephez jutnak. A Bouguer- és a maradékanomáliák súlyozott összegzésével számítógépen meghatározható egy olyan adatrendszer, amely optimálisan illeszkedik a közös szeizmikus-geoelektromos szint mélységadataihoz.

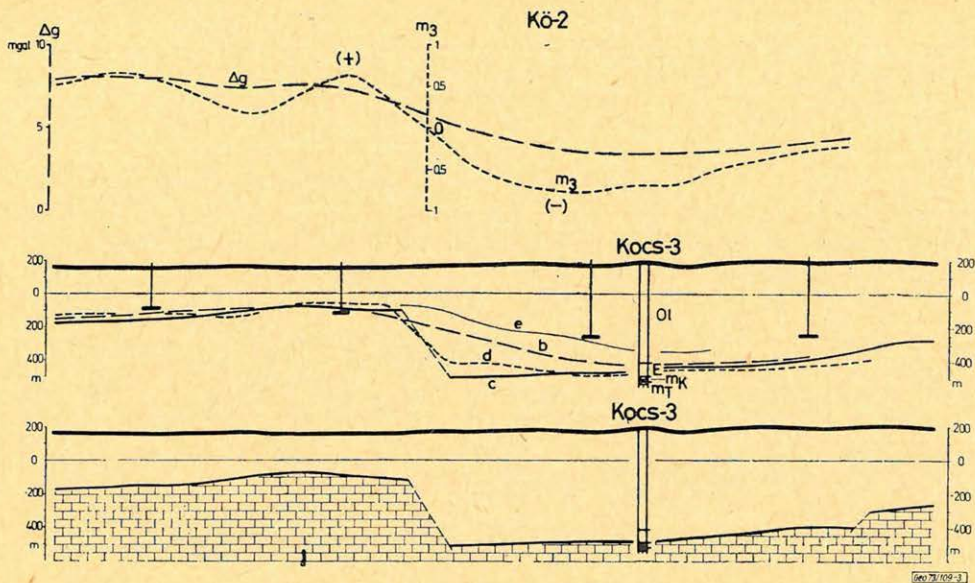
Ennek ismeretében elvégezhető a szeizmikus vonalhálózat közötti optimális interpoláció. Az így nyert komplex térkép (2d ábra) előnye, hogy a gravitációs mélységi és szerkezeti információ – kvantitatív jelleggel – beépíthető a jóval pontosabb, de csak szelvénymenti szeizmikus-geoelektromos adatrendszerbe, vagyis a lényegesen drágább szeizmikus hálózatot nem kell túlságosan sűríteni.

A térkép néhány jellemzője: kimutatja, hogy az $\acute{E}\acute{E}K-DDNy$ irányú fővetők mellett feltehetően $\acute{E}-D$ irányú fővetők is vannak. A merőleges vetőrendszer is legalább kétirányú. Új információ a Szár község alatti nagyobb medence kimutatása, valamint számos kisszerkezeti elem jelzése (pl. a szendi medence két részmedencére tagozódik; a tőle \acute{E} -ra elhelyezkedő rögvonalat bonyolult felépítésű, jól kivehető az oldalirányú elmozdulást okozó merőleges vető és négy másodlagos maximum elhelyezkedése stb.).

Nézzük most az egyes módszerek nyújtotta információ szelvénymenti ábrázolását. (A $K\ddot{o}-2$ szelvény a bemutatott térkép \acute{E} -i részén dőlésirányban harántolja az $\acute{E}\acute{E}Ny-DDK$ -i fővetőt 3. ábra.) Az előzetes „gravitációs mélységszint” (b) e területen jónak bizonyult, eltekintve a fővetőtől, amelyet csak renki kívül elnagyoltan jelez. A fővető helyére az m_3 maradékanomália-szelvény jellegzetes előjelváltásából lehet következtetni. A refrakciós mérés a fővető több száz méteres magasságát kitűnően jelzi, helyét jól azonosítja. A szeizmikus szintet (c) itt nemcsak időmezős eljárással, hanem a későbbi beérkezések figyelembevételével, időellenőrzéssel is megszerkesztettük és igyekeztünk a diffrakciós pontok helyét is meghatározni.

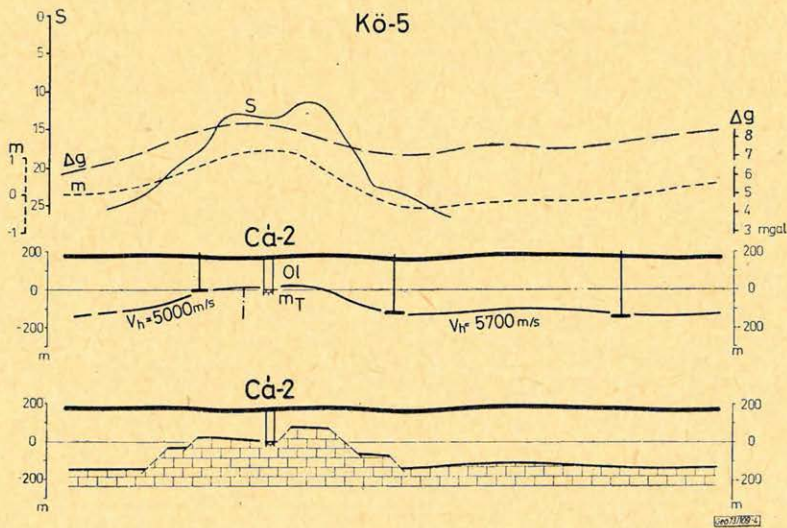
A refrakciós mérésekkel kimutatott fővetőt a Bouguer- és a maradékanomáliák súlyozott összegezésével számított mélységszint (d) már viszonylag jól követi. A $K\ddot{o}-2$ szelvényen a geoelektromos PM módszer (potenciálképmódszer) kevésbé jelzi a fővető elhelyezkedését. Az S értékekből számított geoelektromos mélységszint (e) az előzetes „gravitációs” mélységszintnél (b) is elnagyoltabb képet ad. Oka ennek az, hogy az S értékek elsősorban nem a mezozoós, karbonátos aljzattal, hanem egy az oligocénben húzódó nagyellenállású homokkő felszínével korrelálnak.

Éppen ellenkező a helyzet a $K\ddot{o}-5$ szelvény környezetében, ahol a geoelektromos modell szinte ideális (4. ábra). A 4. ábrán a $K\ddot{o}-5$ szelvény a



3. ábra. Kő-2 szelvény. A földtani-geofizikai modell gravitációs-szeizmikus kutatásra kedvező
 Рус. 3. Разрез по профилю Кő-2. При данной геолого-геофизической модели с успехом применяются гравиметрический и сейсморазведочный методы

Fig. 3. Profile Kő-2. The geologo-geophysical model is favourable for gravity and seismic prospecting



4. ábra. Kő-5 szelvény. A földtani-geofizikai modell geoelektromos-szeizmikus kutatásra kedvező

Рус. 4. Разрез по профилю Кő-5. При данной геолого-геофизической модели с успехом применяются электро- и сейсморазведочные методы

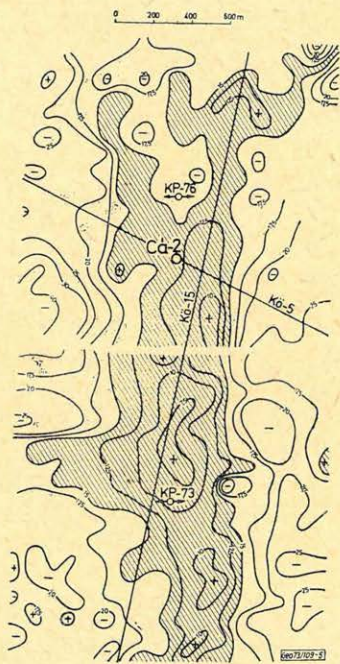
Fig. 4. Profile Kő-5. The geologo-geophysical model is favourable for geoelectric and seismic prospecting

Tata – Kocs-i magasvonulat metszetét adja. A *PM* módszerrel mért *S* szelvény-görbe a magasrögöt határoló két fővetőt karakterisztikusan jelzi; a „*leképzés*” nemcsak a Bouguer-anomália szelvényénél (Δg), hanem az *m* maradékanomália szelvényénél is jobb. Az *S* szelvény a refrakciós szinthez hasonlóan a maximum tetején levő másodlagos kiemelkedést is kimutatja, sőt a fővető kétlépcsős felépítésére is utal, amit a refrakciós szint már nem jelez. A *Kö-5* szelvényvel harántolt magasrög elhelyezkedését területi *PM* mérésekkel vizsgáltuk. Az 5. ábrán – szándékosan – a nyers terepi értékeket ábrázoltuk, minden korrekció nélkül. A magasrög kiterjedéséről az *S* anomáliák meglehetősen egyértelmű képet adnak. A későbbi mélységtranszformáció itt a szeizmikus-geoelektromos alapszelvényekre támaszkodik.

A fővetők kimutatásánál nehezebb feladat a *merőleges vetőrendszerek* meghatározása. Néha még létük jelzése is problémát okoz, bár szerepük az aljzat szerkezeti képének kialakításában jelentős. Jellemzőjük a nagy (több száz méteres) vetőmagasság, és ehhez viszonyítva a kis csapásirányú kiterjedés.

A 2. ábra *d* térképén Szenttől É-ra a gravitációs mérések alapján volt feltételezhető egy ilyen merőleges *K-Ny* irányú vető („*A*”). Geoelektromos szondázásokkal a vető helyének meghatározása nem lehetséges az *ÉÉK-DDNy* irányú fővetők torzító hatása miatt. Az oligocénben húzódó árnyékoló réteg miatt a *PM* módszer sem ígért eredményt. Az „*A*”-val jelzett vető kimutatására végül is a *Kö-10* refrakciós szelvényt telepítettük, amelynek helyét az m_3 maradékanomália térkép alapján jelöltük ki (6. ábra). A vető 300 m-es magasságát a refrakciós szint (*c*) emelkedése megadja, de a vető helyét az időmezős szerkesztés elnagyolja. Közel másfél km széles az a sáv, amelyen belül a fővető elhelyezkedhetik, ebben az esetben tehát a refrakciós szint alig ad jobb képet, mint a Δg (Bouguer-anomália) szelvény. Érdeemes megfigyelni, hogy ennél mennyivel markánsabb az m_3 maradékanomália szelvény. Legjobb eredményt azonban a *Kö-10* szelvényen végzett többszörös fedésű reflexiós mérések adtak. Az időszelvényen a vető helye jól kirajzolódik, különösen jó a levetett szárnyon a szintek követhetősége. A reflexiós méréseket természetesen nemcsak ezzel a céllal alkalmazzuk; kizárólag a merőleges vetők kimutatása a módszer költségeit nem indokolná.

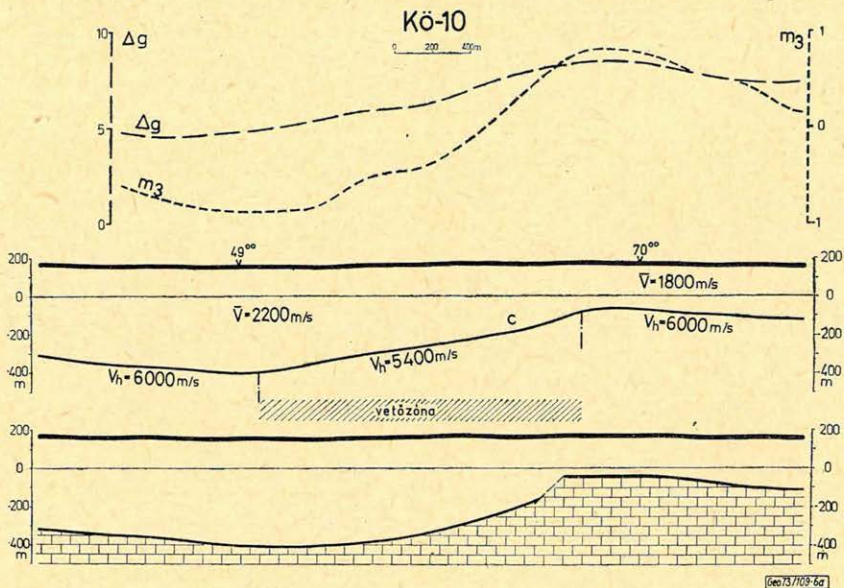
Szemléletünk szerint a különböző olcsóbb és gyorsabb (gravitációs, geoelektromos és szeizmikus refrakciós) módszerek megfelelő sorrendben való alkalmazásával viszonylag olcsón megismerhetők és körülhatárolhatók a na-



5. ábra. A *Kö-5* szelvényvel harántolt magasrög elhelyezkedése a potenciáltérképezés szerint (*Kp-73*, *Kp-76*: a bázisvonal helye és terítési iránya)

Рис. 5. Положение приподнятого блока, пересеченного профилем *Kö-5* по данным потенциального картирования (*Kp-73*, *Kp-76* – места базисной линии и направление установок)

Fig. 5. Position of the elevated block crossed by the profile *Kö-5* according to the data of potential mapping. *Kp-73*; (*Kp-76*: location and spread direction of the base-line)



6. ábra. A Kö-10 szelvény. Csapásirányban kis kiterjedésű, merőleges vető („A”) kimutatása gravitációs és szeizmikus refrakciós módszerrel

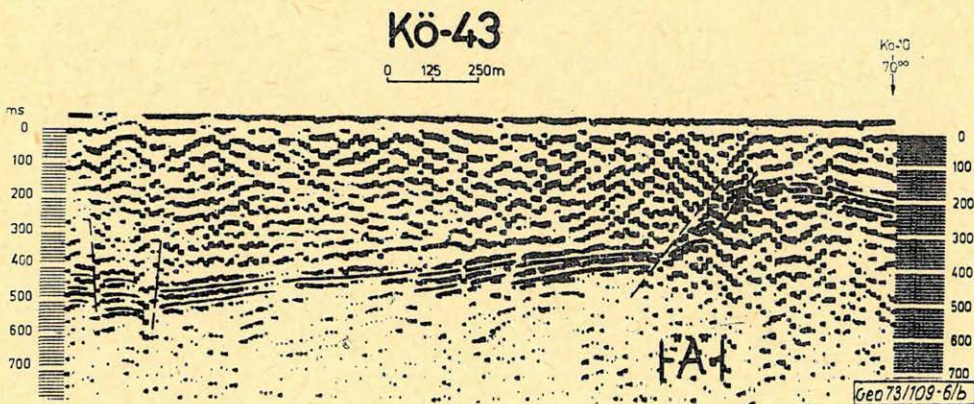
6. b. ábra. Az „A” vető kimutatása hatszoros fedésű szeizmikus reflexiós mérésekkel

Рис. 6/а. Разрез по профилю Кő - 10. Перпендикулярный сброс, имеющий незначительное протяжение по простиранию („А”) по данным гравиметрии МОВ

Рис. 6/б. Выявление сброса „А” по данным МОВ, полученным с шестикратным перекрытием

Fig. 6/a. Profile Kö-10. Revealing a vertical fault („A”) having short extension along the strike by gravity and seismic refraction method

Fig. 6/b. Revealing fault „A” by seismic reflection method with sixfold coverage



7. ábra. Hatszoros fedésű szeizmikus reflexiós időszelvény a kocsai (látóhegyi) medence déli részén

Рис. 7. Временной разрез по данным МОВ при шестикратном перекрытии в южной части бассейна Коч

Fig. 7. Time section of seismic reflection measurement with sixfold coverage in the Southern part of the Kocs basin

gyobb szerkezeti egységek, pl. ilyen a 20 km² kiterjedésű Kocs-i (látóhegyi) medence. Segítségükkel megadható az első kutatófúrás optimális helye, amely lényegében csak arra szolgál, hogy az új szerkezet létét bizonyítsa és alapvető földtani modelljét tisztázza.

A többszörös fedésű reflexiós mérések szerepe akkor kezdődik, amikor az első fúrás nyersanyagot, vagy olyan képződményt harántol, amely a medencében az alapterlep jellegű barnakőszén, vagy a bauxit előfordulást valószínűsíti (pl. eocén). A reflexiós eljárásnak újszerű továbbfejlesztéséről itt csak annyiban van szó, hogy a magyarországi legújabb szeizmikus műszerfejlesztésre és a számítógépes feldolgozásra támaszkodva a kismélységű szilárdásványkutatásban is igyekszünk hasznosítani a nagy információbőséget tartalmazó többszörös fedésű reflexiós eljárást.

A megelőző módszerekkel akkor dolgoztunk jól, ha az eredményeik felhasználásával telepített reflexiós szelvény több kérdésre is választ tud adni.

Ilyenek:

- a) tisztázza a fontosabb vetők elhelyezkedését;
- b) meghatározza azokat a néhány 10 m-es másodlagos vetőket, amelyek a kisebb (fél – két km²-es), viszonylag nyugodt településű szerkezeteket (teraszokat, lépcsőket, hátakat) határolják. Ezzel lehetővé teszi, hogy a fúrás egy-egy ilyen szerkezet középső jellemző részére, s ne a határoló vetőre essék;
- c) a fúrásból kiindulva tovább nyomozza az eocén-kréta képződményeket, meghatározza ezek kiékelődésének helyét, bizonyítja teljes jelenlétüket a szerkezeten belül stb.

Példaképpen a Kocs-i (látóhegyi) medencében húzódó Kő – 45 időszelvényt mutatjuk be, amely jól szemlélteti a kisvetők létrehozta szerkezeti képet, s ahol követhető az eocén (és kréta) felszín is (7. ábra).

Összefoglalva az elmondottakat: a szilárdásványkutatásban minden módszernek megvan a helye, a reális földtani értelmezéshez több módszer együttes alkalmazása szükséges. A gazdaságos kutatás megköveteli, hogy az egyes módszerek arányát (és időbeni sorrendjét) a földtani-geofizikai modell felépítése szabja meg, és ez az arány a kutatott területen belül is változzék. A nyersanyagra reményteljes részterületeken egyre fontosabb szerep jut a többszörös fedésű reflexiós méréseknek.

Geofizikai adatok integrált értelmezése

KOVÁCS FERENC - NAGY ZOLTÁN - SZANYI BÉLA -
VÁNDOR BÉLA

Az alkalmazott geofizikai kutatások iránt támasztott egyre növekvő igények kielégítése szükségessé teszi a különböző geofizikai módszerek felbontóképességének növelését. Jelenleg azonban nem rendelkezünk olyan kutatómódszerrel, amely minden kutatási feladat egyértelmű megoldását biztosítaná. A geofizikai kutatómódszerek között a legtöbb információt és a legnagyobb földtani felbontást kétségtelenül a szeizmikus kutatómódszer nyújtja. Az elmúlt évtizedekben a legnagyobb fejlődést a szeizmikus módszer érte el. Felfutását elsősorban a műszerek és számítógépek kifejlesztése területén elért előrehaladásának köszönheti. Így a szeizmikus kutatómódszer a digitális technika alkalmazásával egyre összetettebb földtani feladatok megoldására vállalkozhat.

Bonyolult geológiai felépítésű területeken azonban a szeizmikus mérési adatok értelmezésénél is állandó nehézséget jelent a mérési adatok többértelműsége. Ezen probléma elemzéséhez, illetve a többértelműség jelentős csökkentéséhez nagy segítséget jelent egy már régen ismeretes és az utóbbi időben világszerte újszerűen bevezetett, az ún. „multisensor” mérési elv. A multisensor rendszerek alatt általában a szeizmikus, gravitációs, geoelektromos és egyéb geofizikai módszerek együttes alkalmazását és értelmezését értik.

A szerzők elemzik és néhány gyakorlati példán keresztül szemléltetik a kétdimenziós integrált gravitációs, geoelektromos és szeizmikus modellek létrehozását, amelyek alapját képezik egy adott terület komplex földtani értelmezésének.

Удовлетворению постоянно растущих требований к методам геофизической разведки сделает необходимым увеличение разрешающей способности различных геофизических методов. Однако, пока еще нет метода, обеспечивающего однозначное решение каждого разведочного задания. Среди геофизических методов разведки наибольшее количество информации и наилучшая геологическая интерпретация дается несомненно методом сейсморазведки. За последние десятилетия самое большое развитие было достигнуто по сейсморазведке. Такое развитие стало возможным в результате прогресса в области разработки аппаратуры и вычислительных машин. Благодаря внедрению цифровой техники метод сейсморазведки может взаться за решение все более сложных геологических задач.

Однако, в районах с сложным геологическим строением при интерпретации данных сейсморазведки неоднозначность данных разведки приводит к трудностям. Анализ этой проблемы, а также снижение неоднозначности значительно способствует внедрение комплексной системы измерения, которая за последнее время используется в всемирном масштабе. Под такими системами подразумевается совместное применение и интерпретация сейсморазведочного, гравиметрического, электроразведочного и остальных геофизических методов.

В докладе анализируется и на практических примерах иллюстрируется создание двумерных интегрированных гравитационных, геоэлектрических и сейсмических моделей, которые будут служить основой комплексной геологической интерпретации данного района.

Satisfying the ever increasing demands for applied geophysical survey requires to raise the resolution of various geophysical methods. There is, however, no prospecting method available at present, ensuring the unambiguous solution of all survey tasks. The greatest quantity of informations and the best geological resolution is furnished undoubtedly by the seismic method among all geophysical methods. In the past decades the biggest progress was achieved by the seismic method. Its development has been due first of all to progress in the field of equipment designing and to the introduction of computers. Thus the seismic prospecting method is enabled by the use of digital techniques to solve more and more complicated geological tasks.

In areas having complicated geological structure the interpretation of seismic data is, however, aggravated by the ambiguity of measured data. The analysis of this problem, i.e. the reduction of ambiguity is significantly promoted by the so called „multisensor” principle of measurements, which, though it had been well known for a considerable time, has been introduced of late on a world-wide scale. Multisensor systems imply in general the common use and interpretation of seismic, gravity, geoelectric and other geophysical methods.

The authors analyse and illustrate with practical examples the creation of two-dimensional integrated gravity, geoelectric and seismic models, which furnish a basis for the integrate geological interpretation of a given area.

Рис. 1. Процесс построения комплексного геофизического разреза

D) Карты и разрезы электрической проводимости $S(x, y) A^{-1}(x, y)$ (результатирующая величина, относящаяся к осадочной толще. (III) Корреляция электро- и сейсморазведочных данных, функция $S(H) - a$) плохая корреляция; b) хорошая корреляция - У. 1.) Вычисление комплексного разреза $S(x);$ и $(x);$ соответствующего $H(x)$ для двуслойной модели основания высокого сопротивления - У. 2.) Вычисление синтетического разреза $(x);$ для горизонтально неоднородной многослойной модели по $H(x) - УП. 1)$ Сопоставление синтетических разрезов и наблюдаемых электроразведочных данных - c) отклоняющиеся или противоречивые результаты - d) хорошее совпадение - Уш. 2.) Изменение интерпретируемого временного разреза - e) невозможный - f) возможный вариант - IX. 2. Геологогеофизические выводы: изменение распределения $(x; y; z) - Г)$ РЮ Распределение удельного электрического сопротивления $(x; y; z) - А)$ Проектирование сейсмических профилей, полевые сейсмические работы - $Г)$ Сейсмический временной разрез $t_0(x) - F)$ Параметры распределения сейсмических скоростей $\rho(x; y; z) - I.1)$ Интерпретированный временной разрез - 1.2) Вычисление и построение сейсмического глубинного разреза - VIII) Комплексный геофизический разрез - $C)$ Карта аномалий поля силы тяжести, отфильтрованная при помощи ЭВМ - $B)$ Карта аномалий Буге поля силы тяжести $g(x; y) h)$ Распределение плотностей горных пород $g(x; y) - II)$ Изучение корреляции данных $H(x)$ и $g(x) - IV.1)$ Пространственная отфильтрованная функция для многослойной модели, соответствующая $H(x)$ и вычисление по ней глубин - IV.2) Двуслойная модель. Вычисление глубин непосредственно по $g(x);$ выделение мест сбросов по отфильтрованным данным $g(x) - z)$ совпадение - IV.1) Сопоставление глубин, полученных по сейсмическим и гравиметрическим данным. - IV.2) Возможность изменения интерпретированного сейсмического временного разреза - IV.1) Геолого-геофизические выводы; изменение распределения плотностей и $(x; y).$

Fig. 1. Process of constructing an integrate geophysical profile.

D) Maps or sections of geoelectric conductivity $S(x, y) A^{-1}(x, y)$ (Resultant value for the sedimentary series) - III) Examining correlation between geoelectric and seismic data. Function $S(H) a)$ poor correlation - $b)$ good correlation - V.1) Calculating synthetic $S(x);$ or $(x);$ section for two-layered model with high resistivity basement, corresponding to $H(x) - V.2)$ Calculating synthetic $S(x);$ $(x);$ for multi-layered horizontally inhomogeneous model, on the basis of $H(x) - VII.1)$ Comparison of synthetic sections with measured geoelectric data - $c)$ deviating or contradicting results - $d)$ good agreement - VII.2) Altering the interpreted time-section - $e)$ not possible - $f)$ possible - IX. 2) Geologo-geophysical conclusions changing the distribution of $(x; y; z) - G)$ Distribution of electric specify resistivity $(x; y; z) - A)$ Planning of seismic profiles, seismic field measurement - $E)$ Seismic time section $t_0(x) - F)$ Parameters of seismic velocity distribution $V(x; y; z) - I.1)$ Interpreted seismic time-section - I.2) Calculating and constructing seismic depth section - VIII) Integrate geophysical section - $C)$ Gravity map filtered by computer - $B)$ Gravity base map of Bouguer anomalies $g(x; y) - h)$ Distribution of rock densities $G(x; y) - II)$ Examining the correlation between $H(x)$ and $g(x)$ data - IV.1) Filtered spatial function for multi-layered model corresponding to $H(x)$ and calculating a gravity depth section from it - IV.2) Two-layered model. Calculating depth section directly from $g(x)$, marking of fractures from filtered $g(x)$ data - $g)$ agreement - VI.1) Comparison of seismic and gravity depth data - VI.2) The possibility of changing the interpreted seismic time section - IX.1) Geologo-geophysical conclusions. Changing density values and distribution of $(x; y)$

az értelmezés eredményeként alkotott geofizikai modell elfogadhatóságára egzakt kritériumokat alkalmaz. Ezeknek a kritériumoknak révén a mért geofizikai adatok ellentmondás mentesen illeszkednek a modellbe, a modellből eredő fizikai törvényszerűségekkel összhangban.

A különböző geofizikai kutatómódszerekkel nyert mérési adatok integrált értelmezése így lehetőséget nyújt a többértelműség feloldására, és az értelmezés lehetséges alternatívái közül a valószínűbb megoldás kiválasztására.

Az integrált értelmezés elve azon alapszik, hogy egy adott modell geofizikai hatása egyértelmű, és a hatás az ún. direkt feladat egzakt megoldásával határozható meg. Ez viszont megköveteli a direkt feladat megoldását a földtani viszonyoknak megfelelő heterogén közegekre.

A geofizikai hatás kialakulása szempontjából a földtani modell lényeges elemei a geometriai tényezők és a különböző geofizikai módszerek kőzetfizikai paraméterei.

A hazai *CH*-kutatás geológiai viszonyai között az említett geometriai tényezőkön döntő mértékben az üledékes összlet rétegződési formáit, illetve a medencealjzat morfológiáját értjük, míg a kőzetfizikai paraméterek és eloszlásuk a medencék litológiai jellegzetességét tükrözik.

A korszerű szeizmikus műszerekkel mért és számítógépes analízis útján kapott szeizmikus szelvények az esetek nagy részében elegendő kiindulást adnak ahhoz, hogy más geofizikai módszerekre a várható szelvénymenti hatásokot egzakt módon meghatározhassuk és a mért adatokkal összehasonlítva a lehetséges alternatívák közül a legvalószínűbb modellt alkossuk meg. Ehhez a szeizmikus szelvény jelenti a modell geometriáját megoldó adatrendszer.

Egy ilyen elképzelés megvalósításának elengedhetetlen feltétele egyrészt az, hogy rendelkezünk olyan számítógépre alkalmazható, egzakt eljárással, amelyek lehetővé teszik a heterogén geofizikai hatók esetére a hatás elegendő pontosságú meghatározását. Másrészt szükséges, hogy a kutatott térségben az integrált értelmezésben bevont geofizikai módszerekkel mért adatok pontossága és sűrűsége megfelelő legyen.

Hazánkban az OKGT Geofizikai Kutatási Üzem a szénhidrogénkutatásban elsődleges szeizmikus mérések mellett már 10 éve alkalmaz gravitációs és geoelektromos méréseket is. Az utóbbi módszerekkel végzett mérések hálózatának telepítését már évek óta az integrált értelmezésben rejlő lehetőségek kiaknázásának céljával tervezzük. (OKGT GKÜ 1972.)

Céltudatos fejlesztő munka eredményeképpen a legutóbbi években — külső tudományos intézmények bevonásával mind a gravitációs, mind a geoelektromos módszerekre létrehoztunk olyan egzakt számítógépes eljárásokat, amelyek lehetőséget adnak az inhomogén geofizikai modellek számítására az integrált értelmezés követelményeinek megfelelően. (Takács E. 1973., H. Linsler 1971.)

Így az olyan kutatási területeken, ahol jelentős közetsűrűség, illetve geoelektromos ellenálláskülönbségek vannak, a szeizmikus szelvények értelmezése megjavítható a szelvény mentén mért gravitációs és geoelektromos adatok integrált felhasználásával.

Az OKGT Geofizikai Kutatási Üzemben kialakított integrált értelmezés menetét főbb vonásaiban egy folyamatábrán mutatjuk be (*I. ábra*).

Tekintve, hogy az eljárás a szeizmikus reflexiós mérések eredményeként kapott szelvények értelmezésének elősegítését célozza, kiindulásul olyan, dőlésmenti mérésekből kapott szeizmikus időszelvény szolgál, amelyet a gravitációs Bouguer-térképek számítógépes szűrésével, illetve az előzetes tellurikus vagy magnetotellurikus mérésekkel nyert adatok alapján telepítettek. (Folyamatábra *A, B, C, D, E* blokkjai.)

Az integrált értelmezés első mozzanata a rendelkezésre álló adatok alapján a szeizmikus időszelvényen a réteghatárokról kapott beérkezések nyomkövetése és az egyes reflektáló szintek földtani azonosítása, különös tekintettel a medencealjzat felszínére. Az így értelmezett szeizmikus időszelvényből [$t_0(x)$], mélységszelvény [$H(x)$] szerkezetének szükség esetén alternatív megoldásokkal.

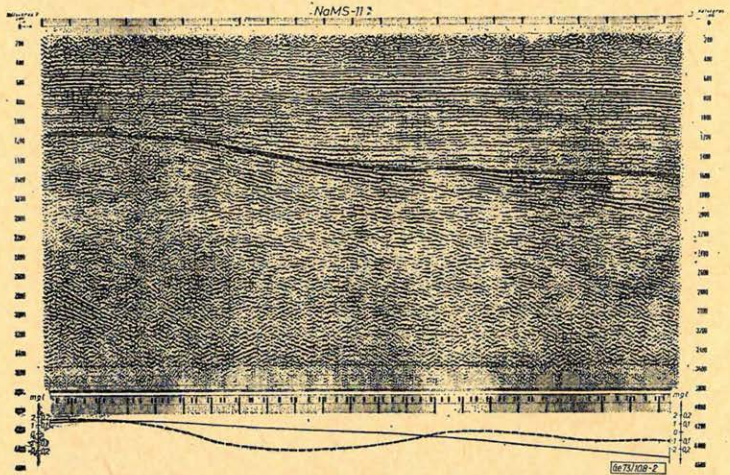
A szeizmikus szelvény mentén kapott gravitációs vagy geoelektromos adatok és a $H(x)$ szeizmikus mélységszelvény adatai közötti korrelációs vizsgálat

dönti el, hogy az ezt követő számítógépes analízis folyamán a medencealjzatra települt üledékes összlet gravitációs vagy geoelektromos értelemben egyszerű vagy összetett, illetve egy- vagy többretegű modellként vehető-e figyelembe. (Nagy Z. 1967, 1969.)

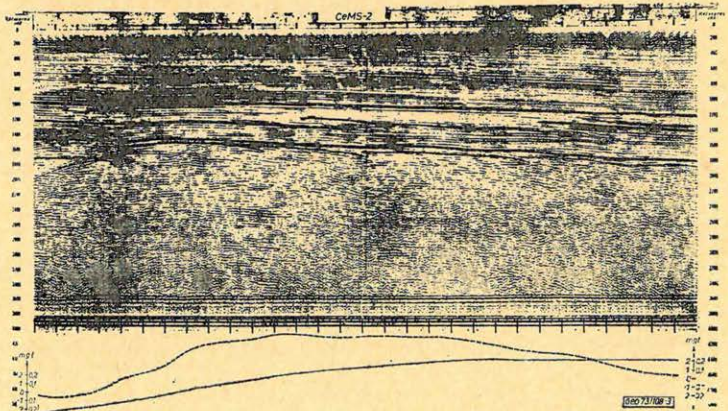
A $H(x)$ szeizmikus mélységszelvény geometriája és a rendelkezésre álló kőzetfizikai paraméterek (sűrűség és fajlagos ellenállás eloszlás) alapján számítógépen történik a gravitációs szűrt térfüggvények, illetve az inhomogén rétegsoroknak megfelelő magnetotellurikus térszámítása.

Hazai medenceterületeken nyert Bouguer tér adatok és a szeizmikus szelvényeken jelentkező geometria között szoros korrelációt csak esetlegesen találunk. A Bouguer anomáliateret azonban tudatos térszelekcióval – integrált értelmezés esetén a szeizmikus szelvényen jelentkező geometria figyelembevételével megválasztott szűrőmátrix alkalmazásával – átalakíthatjuk. Ekkor olyan tér adatok birtokába juthatunk, amelyek nemcsak a geometria megváltozását indokolják, hanem a szeizmikus és egyéb földtani adatok birtokában lehetőséget adnak kvantitatív számításokra is.

Az elmondottak illusztrálására két szeizmikus szelvényt mutatunk be különböző kutatási területekről, amelyeken megjelenítettük a gravitációs ada-



2. ábra – puc. – Fig.



3. ábra – puc. – Fig.

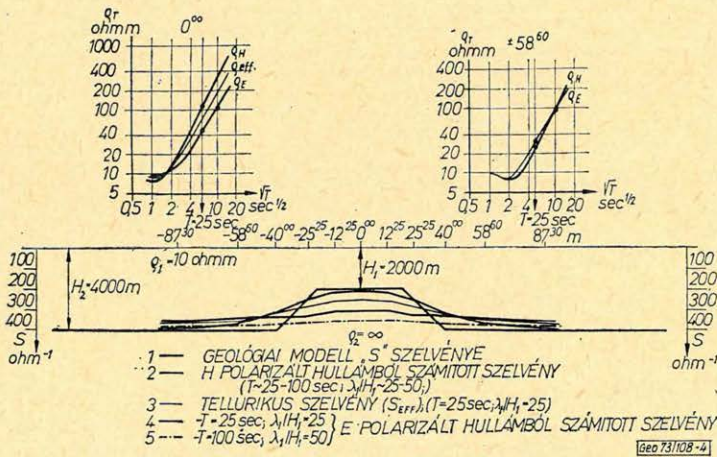
tokat is (2. és 3. ábrák). (A szelvényeken folyamatos vonallal tüntettük fel a Bouguer-, szaggatott vonallal a transzformált téradatokat.)

A számítási eljárásokat az OKGT Geofizikai Kutatási Üzeme külső tudományos intézmények (ELTE és NME Geofizikai Tanszékei) bevonásával fejlesztette ki. Az eljárások fizikai-matematikai részletezése nem tartozik ezen előadásunk tárgykörébe.

A témához tartozó gravitációs térszámításokról, térátalakításokról, valamint a gravitációs teret reprezentáló adatrendszerrel szemben támasztott követelményekről az utóbbi időben több dolgozat jelent meg és több előadás hangzott el. (Meskó 1966, Kovács 1970.)

A magnetotellurikus tér számítása a Maxwell-egyenletek numerikus integrálásával történik tetszőleges alakú medencealjzat formák esetén. Külön történik a medencealjzat dőlésirányába polarizált (ún. H polarizáció), illetve a medencealjzat csapásirányára mentén polarizált (ún. E polarizáció) elektromágneses síkhullám számítása, tetszőlegesen felvett frekvenciákon. Így bármely behatolási mélységre számítható a magnetotellurikus szondázási görbe, látszólagos ellenállásértéke, ill. ebből az üledék vezetőképessége. A kétféle polarizációból számítható a modellre jellemző relatív tellurikus érték is a méréseknek megfelelő frekvenciasávokban. (S vezetőképesség szelvénye.)

A 4. ábrán kétréteges antiklinális szerkezetmodellre elvégzett számítások eredményeként kapott vezetőképességszelvényt, ill. tellurikus szelvényt muta-



4. ábra - puc. - Fig.

Puc. 4.

- 1 - - - - - Разрез „S” геологической модели
- 2 - - - - - Разрез, подсчитанный по волне H-поляризации (T 25 - 100 сек; IH , 25 - 50)
- 3 - - - - - Разрез по данному методу TT (S_{EFF}); (T = 25 сек; IH , = 25)
- 4 - - - - - T = 25 сек; , IH , = 25 разрез, подсчитанный по волне H-поляризации

Fig. 4.

- 1 - - - - - “S” section of the geological model
- 2 - - - - - Section calculated from the wave of H -polarization (T 25 - 100 sec; , IH , 25 - 50,)
- 3 - - - - - Telluric section (S_{EFF}); (T = 25 sec; IH , = 25)
- 4 - - - - - T = 25 sec; , IH , = 25 Section calculated from the wave of E polarization

tunk be, különböző hullámhosszakra. Látható, hogy a legrészletesebb információt a H polarizált hullám adja, a magnetotellurikus módszernél. (NME 1971.)

A tellurikus adatok felbontóképessége a H és E polarizáció között van. Az E polarizációs adatok erősen függenek a frekvenciától.

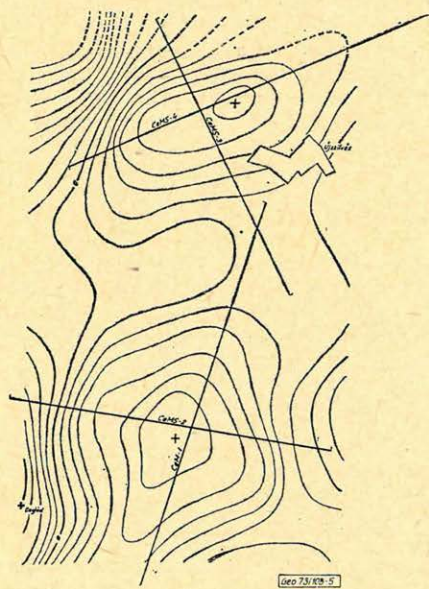
A $H(x)$ szeizmikus mélységszelvényből számított és az ugyanott valóságban mért gravitációs és geoelektromos téradatok között jelentkező eltérésekből olyan kvalitatív és kvantitatív adatok birtokába jutunk, amelyek alkalmasak a kiindulásul vett $H(x)$ szelvény jellemzésére és további számítások kiindulási adatainak megválasztására. Amennyiben a szeizmikus $t_0(x)$ időszelvény a reflektáló szintek korrelációjában alternatív megoldásokra ad lehetőséget, úgy az értelmezésnél a mért és a számított adatok közti minimális eltérés jelenti a valószínű megoldást.

Előfordulhat, hogy a szintetikus és mért adatok egyezése csak olyan módon érhető el, hogy a sűrűség, illetve a vezetőképesség horizontális változását kell feltételeznünk, ilyen esetben a szelvény mentén várható fáciesváltozásokra is adatok nyerhetők.

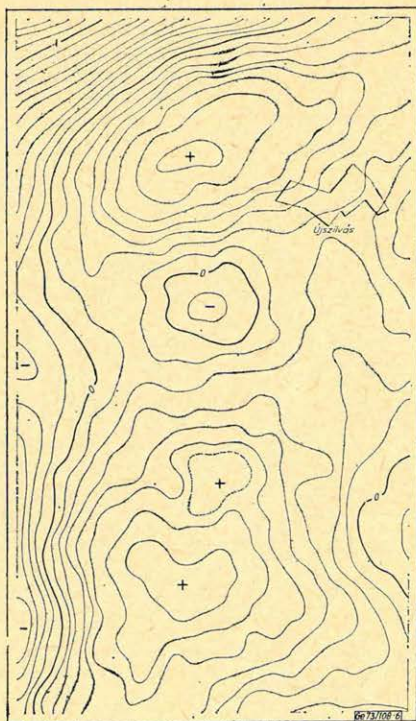
Az integrált értelmezés folyamatának esetleges többszöri végrehajtásával alakul ki a végleges geofizikai szelvény. A szelvény adatainak vizsgálata döntheti el, hogy a mérések teljesítették-e a földtani célkitűzéseket mélyfúrások telepítésének előkészítéséhez, vagy további kiegészítő geofizikai kutatás szükséges-e.

Az elmondottak illusztrálására néhány példát mutatunk be.

Cegléd – Újszilvás térségében az átnézetes Bouguer anomáliatérkép kétváltozós digitális szűrésével kapott reziduális anomáliakép a térségben további



5. ábra - puc. - Fig.

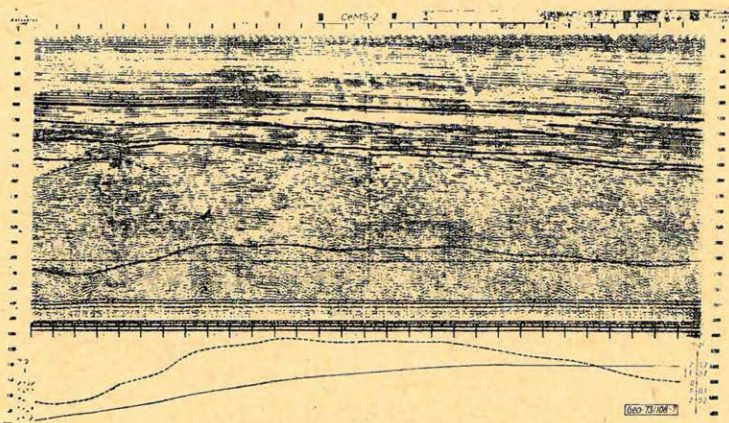


6. ábra - puc. - Fig.

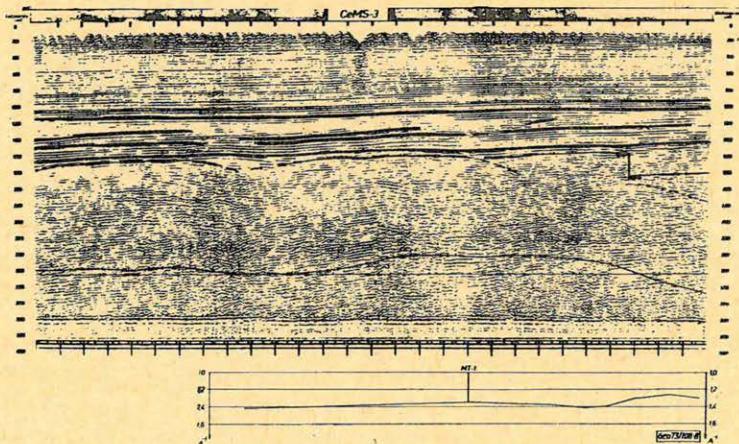
kutatások szükségességére hívta fel a figyelmet. A szűrt anomáliakép, valamint annak alapján telepített átnézetes szeizmikus vonalhálózat az 5. ábrán látható. A térségben további részletező graviméter méréseket is végeztünk az anomáliakép finomabb részleteinek tisztázására, 500 méter oldalhosszúságú négyzetháló szerint telepített állomáspontokkal. A mérések adataiból készült reziduális anomáliakép a 6. ábrán látható. Az átengedett frekvenciasáv a két térképen azonos.

A 7. ábrán a *CeMS-2* jelű szeizmikus szelvény látható. A szelvény *K-Ny*-i irányban harántolja a szűrt anomáliatérkép *D*-i részén jelentkező maximumzónát. A szeizmikus szelvényen 1400–1800 ms időintervallumban (1700–2500 m mélységben) megváltozik a pannon üledékekre jellemző reflexiós beérkezések jellege. Különböző diffrakciós és egyéb hullámok jelentkeznek, amelyek vetők és törések jelenlétére utalnak.

A szelvényen megjelenítettük a szűréssel kapott gravitációs (*RezM-2* jelű szűrőmátrix alkalmazásával kapott) reziduális jel azon szakaszait, amelyek a nagyobb sűrűségű felszín gyors elsüllyedéseit vagy kiemelkedéseit jelzik.



7. ábra — *puc.* — *Fig.*



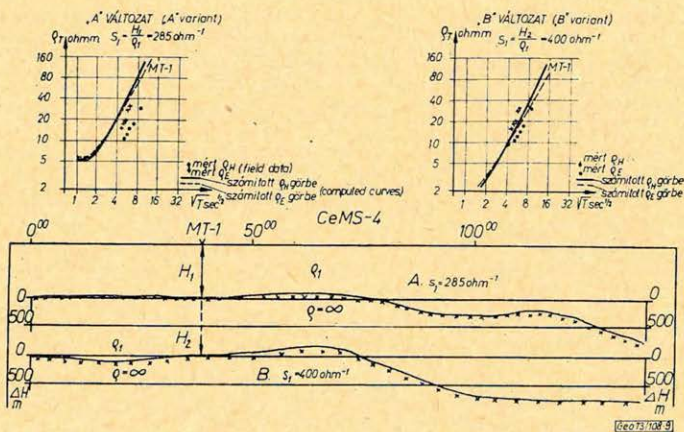
8. ábra — *puc.* — *Fig.*

Az ábrázolt függvényszakaszokon megjelöltük az inflexiós pontokat. A szelvény Ny -i részén, ahol a feladat kétdimenziós problémaként értelmezhető, elvetési magasságokat is számítottunk, ezek eredményeit is megjelenítettük a szelvényen. A szelvény mentén Ny -i irányban továbbhaladva szűrt anomáliakép alapján a nagyobb sűrűségű felszín viszonylag keskeny árokszerű elsüllyedésével kell számolnunk.

A 8. ábrán a $CeMS-3$ jelű szeizmikus szelvény látható. A szelvény $\dot{E}Ny-DK$ irányú, a szűrt gravitációs anomáliatérkép \dot{E} -i részén jelentkező maximumot harántolja. A szelvény $\dot{E}-Ny$ -i részén ugyancsak lehetőség kínálkozott elvetési magasság számítására. Itt szintén meg kell jegyezni, hogy a szelvény mentén továbbhaladva $\dot{E}Ny$ irányban a szűrt anomáliakép alapján a nagyobb sűrűségű összlet további elmélyülésére kell számítani.

Ha a szeizmikus szelvényekben jelentkező kisebb felületi undutációk a nagyobb sűrűségű összletben is jelen vannak, ezek megfelelőjét a gravitációs képből nagyobb paraméterű szűrők alkalmazásával, azaz az alacsony frekvenciák fokozottabb elnyomásával jeleníthetjük meg. Természetesen ez mintavételezési követelményeket is felvet. Ilyen megfontolás alapján is elvégeztük a gravitációs tér szűrését (a $RezM-4$ szűrőmátrix alkalmazásával is).

Ha azonban a nagy szerkezeti egységek megfelelőjét keressük, az alacsony frekvenciák fokozott átengedését kell megvalósítani.



9. ábra - puc. - Fig.

A tellurikus mérési adatok a $CeMS-4$ -es szeizmikus szelvény (9. ábra) mentén a szeizmikus szerkezetnek megfelelő anomáliát mutatják. A fúrési adatok alapján a paleozoós aljzat felszínéként kijelölt reflexiós határfelületre elvégzett elektromágneses térszámítások eredményei szerint azonban a kijelölt határfelület nem azonosítható nagyellenállású kőzetfelszínnel. Ez a megállapítás megfelel a közeli $Ce-4$ mélyfúrás adatainak, ahol az elektromos karottázsszelvények a paleozoós metamorf aljzatot viszonylag nagy ellenállásúnak mutatták.

A szeizmikus időszelvényen a paleozoikum felszínéként értelmezett reflexiók után még kijelölhetők beérkezések. A mélyebb határfelületre végzett modellszámításokból kapott eredmények már hibahatáron belül egyeztethetők a szelvény mentén mért adatokkal.

A geofizikai adatok integrált értelmezéséből származó előnyök a következőkben foglalhatók össze:

– Az eddig alkalmazott – nem integrált – értelmezési eljárásokkal szemben, egzakt úton, több és egyértelműbb földtani információt biztosít.

– Az egyértelműbb földtani adatok figyelembevételével történő fúrópontkitűzéstől és fúrásstervezéstől a fúrásos kutatás hatékonyságának és eredményességének növelése is várható.

– Ösztönzőleg visszahat az egyes felszíni geofizikai módszerek mérés-technikai, metodikai és interpretációs fejlesztésére.

– Bizonyos geológiai modellek esetén a költségesebb szeizmikus mérésekkel kapott szelvénymenti adatok térképszerűen, területileg kiterjeszthetők, és ez a kutatási eredményekben a fajlagos költségráfordítás csökkentésével egyenértékű.

Az ismertetett értelmezési eljárást a dolgozat szerzői a szeizmikus reflexiók adatok értelmezését elősegítő adatfeldolgozási módszerként tekintik.

IRODALOM

- [1] A felszíni geofizikai kutatás 20 éve a kőolajiparban OKGT GKŰ 1972.
- [2] *Takács Ernő*: A magnetotellurikus tér eloszlásának numerikus vizsgálata kétréteges ($\rho_s = \infty$), kétdimenziós szerkezetekre. MGE, XVIII. Szimpózium 1973. Budapest
- [3] *Helmut Linsner*: Combined Interpretation of Gravimetric and Reflection Seismic Profiles. Leibnitz Computin Center. 41. St. Annual International Meeting of the SEG. in Houston Texas U. S. A. 1971. nov.
- [4] *Nagy Zoltán*: S/H függvények alkalmazása a geoelektromos és szeizmikus mérések eredményeinek komplex értelmezésében. Magyar Geofizika VIII. évf. 4. 1967.
- [5] *Nagy Zoltán*: A geoelektromos és szeizmikus mérési adatok együttes elemzésének lehetőségei az Észak-Alföldi medence területén. Geofizikai Közlemények XVIII. évf. 4. 1969.
- [6] *Meskó Attila*: Szűrőelmélet alkalmazása a gravitációs interpretációban. Magyar Geofizika VII. évf. 1. sz.
- [7] *Kovács Ferenc*: Graviméter állomások telepítésével kapcsolatos vizsgálatok a mintavétel-elmélet alapján. Magyar Geofizikai XI. évf. 1–2. sz.
- [8] Jelentés a szénhidrogénkutatásban alkalmazható elektromágneses geofizikai mérések módszertani és elméleti problémáinak vizsgálatáról. NME Geofizikai Tanszék, Miskolc 1971 OKGT GKŰ Adattár

A TIGRE, egy computerrel kiegészített szeizmikus rendszer

M. PIEUCHOT

A számítógépes rendszerekre vonatkozó általános megfontolások után a szerző röviden ismerteti a TIGRE rendszert, kiemelve modulós felépítését és különböző követelményekhez való alkalmazását.

После общих соображений по системам, использующим вычислительную технику, автор дает короткую информацию о системе ТИГРЕ, придавая особое внимание ее модульной конструкции и возможности приспособления к разным требованиям.

After some general considerations about computer assisted systems, a brief description of the TIGRE is given stressing out its modularity and how it can be adapted to different requirements.

Bármely szeizmikus adatfeldolgozó rendszerben kontroll logikák kormányozzák a különböző függvényeket. Ezek a függvények beépített programok.

Mivel ezek beépített programok, nem módosíthatók tetszés szerint. Azonban nagyon gyakori, hogy a geofizikus szeretné a feldolgozás menetét módosítani. Például szeretne a méréssel egyidőben vertikális stackinget végrehajtani, vagy bizonyos mennyiségű előkészítést végezni, mint pl. demultiplexelést vagy a nyers adatok előzetes feldolgozását, mielőtt azokat szalagon tárolná. Végtelen sokfajta eltérés lehet szükséges a standard folyamattól és a műszereket nem lehet nagyszámú beépített folyamattal működtetni. Ennek az ellentmondásnak a feloldása a software.

A megoldás a komputerek használói előtt jól ismert és a geofizikusok már megismertek a komputer használatával. Így eléggé természetes gondolat, hogy a szeizmikus műszerek hagyományos beépített kontroll-logikáit programozható komputer logikával cseréljék fel. Ugyanezt hajtották végre gépi eszközökön számos ipari üzemben és az ilyen célra kifejlesztettek egy kisméretű, olcsó és megbízható komputerkategóriát, a mini-komputereket.

Mivel nem igényelnek olyan különleges környezetet, mint a nagy számítógépek, ezek a minik kitehetők bizonyos mérvű nedvesség- és hőmérséklet-változásnak, ami a szeizmikus méréseknél elkerülhetetlen. A rendszer ütésnek és rázásnak is kitehető. Különös figyelmet kell fordítani arra, hogy az egyes összetevőket ellenállóvá tegyük, ahol az szükséges. Ehhez szeizmikus műszereknél már korábban is hozzá voltunk szokva. Így az új gondolat, hogy számítógép vegye át a logikai kontroll egység munkáját, a mai technológiai állásnál már lehetséges. Ez vezetett az ún. computerrel kiegészített rendszerekhez.

Két eljárási elv

A gondolatot kétféleképpen alkalmazták.

Néha különleges adatgyűjtő rendszert építenek meg saját logikai kontroll nélkül és ezt egy számítógép köré építik. Ez az, amit „*integrált rendszer*”-nek nevezünk. Integrálnak nevezük, mivel nem lehet szétválasztani azt egy külön adatgyűjtő rendszerre és egy számítógépre. Az adatfelvevő a számítógép periferiája és olyan periféria, amely egyedül álló egységként nem tud működni.

A probléma másik megközelítése abból áll, hogy a számítógépeket valahol bekötjük az adatfelvevő vonalba úgy, hogy közbülső tárolás és bizonyos mér-

tékű feldolgozás válik lehetővé, mielőtt az adatokat véglegesen szalagra rögzítenénk. Ezt nevezzük „nem integrált rendszernek”, mivel a két részt, az adatfelvevőt és az adatfeldolgozót külön is lehet használni. Egy meglévő digitális adatfeldolgozó-rendszert mini-komputer közbeiktatásával használhatunk. A geofonjeleket erősítik és digitalizálják normálisan a szeizmikus rendszer logikai egységének kontrolljával. Azután csoportosítás és rögzítés helyett ezeket az adatokat átviszik egy számítógépre és a hozzá kapcsolódó hardwarera. Itt tárolhatók és feldolgozhatók, mielőtt visszakerülnének a terepi rendszerbe, ahol azokat szükség szerint csoportosítják és rögzítik.

Teljesítmények

Az, hogy mit lehet csinálni ezekkel az adatokkal, amíg a számítógépben tartjuk őket, természetesen ennek hardwarejétől függ. A szükséges teendők jelentősen változnak és megszabják a rendszer összeállítását. Ezért könnyen belátható, hogy a modul-felépítés nagyon fontos, ha el akarjuk kerülni túlméretezett berendezések rossz hatásfokú használatát.

A demultiplexelés lehetősége gyakori követelmény, mivel a számítóközpontokban használt softwarek zöme demultiplexelt adatokból indul ki. A szeizmikus felvételek demultiplexelése két menetet igényel a lemeztárolókon át, úgyhogy real-time-operáció csak olyan hardware-rel lehetséges, amely két független csatornán két lemezegységet foglal magában.

A demultiplexelést leggyakrabban csupán egy lemezegységgel (vagy a kapacitás megnövelése céljából egy csatornán működő két lemezzel) hajtják végre két lépcsőben. Ilyen esetben a demultiplexelt adatokat egy felvétel-hossznyi késéssel kapjuk meg.

Egy számítógéppel kiegészített rendszernek alkalmasnak kell lennie bármely szeizmikus módszerrel történő regisztrálásra, ami magában foglalja a felzíni módszereket is, ahol a vertikális stacking szükséges. A *jel/zaj* viszony javítása nagvobb, ha az összegzés előtt bizonyos adatkiegyenlítést hajtunk végre, ami további számításokat foglal magában. A vertikális stackinget azonban real-time-módon kell végrehajtani. Lassúbb ütem esetében a terepi produkcióvesztés kibírhatatlan lenne.

Ha vibrációs módszert használunk, a feldolgozás bizonyos szakaszában az adatok kiértékeléséhez keresztkorrelációt kell alkalmazni. Ez egy csomó számítást jelent és a megfelelő hardware a kívánt pontosságnak, a csatornák számának – amelyeket keresztkorrelálni kell –, és a végrehajtási időnek a függvénye.

Más eljárásokat is figyelembe lehetne venni, de az említettek a leggyakrabban alkalmazottak. Természetesen, ha egy adott hardware-rel bizonyos számú módszer alkalmazható, ez a hardware alkalmas más, itt fel nem sorolt folyamatokra is és ezek számára is ki kell dolgozni a softwaret.

A számítógéppel kiegészített rendszernek ez az előnye: a software mindig alkalmazható új feldolgozási folyamatok alkalmazására.

TIGRE

A TIGRE egy software által vezérelt terepi feldolgozó, amely bármely meglévő adatfelvevő berendezéshez csatlakoztatható úgy, hogy nemintegrált komputerrel kiegészített rendszert alkosson. Modul-felépítése a konfigurációk nagy választékát teszi lehetővé azzal a lehetőséggel együtt, hogy az egyikből a másikba nehézség nélkül át lehet térni.

A berendezés HEWLETT PACKARD HP 2100 A számítógéppel épült meg. Ez egy 16 bit szavú minikomputer 960 nanosec memóriaciklusidővel, amely mikroprogramozásra nagyon alkalmas; ez olyan vonás, ami felgyorsít programokat, amelyek software-rel végrehajtva túl hosszúak lennének (HP 2100.) A számítógép másik sajátága két közvetlen megközelítésű memóriacsatornája. Ezeket a program útján bármely periféria-berendezéssel összekapcsolhatjuk (felvevő, lemez- vagy szalag-tároló egység). Ezek a tulajdonságok nagyon hasznosak a szeizmikus adatok kezelésénél az adatfelvétel sebessége folytán.

A TIGRE nagykapacitású tárolója egy 10 megabites rögzített fejes lemez tároló, amely 15 g ütésnek ellen tud állni és maximálisan 2 g gyorsulású rázási viszonyok között is tud dolgozni.

A számítógéppel való kapcsolatot egy SILENT 700 adat-terminál biztosítja. A feldolgozási paramétereket billentyűzeten adják be és az operációkat a kinyomtató rögzíti.

Két különböző módon specializált aritmetikai egységet lehet használni: a Hewlett Packard 5471 FFT modulrt vagy a HP 5470 A Fourier feldolgozót. Ezek a keresztkorreláció számára két különböző sebességet biztosítanak.

Az adatokat különböző módon lehet előhívni. A visszajátszást hagyományos kamerával lehet megcsinálni, amely az alapvető adatfelvevő rendszer visszajátszó elektronikáját használja.

Speciális plotterrel, mint amilyen a TS 30, egyetlen csatornát kereszt-szelvény-alakban lehet kijelezni a felvétel és feldolgozás alatt.

Az SN 338-cal összekapcsolt TIGRE csatlakozó tag útján van összekötve az adatfelvevő rendszerrel. A logikai egység a szalagtovábbítóval rendszeren két csatlakozóval van összekötve. A TIGRE-be való becsatlakozásnál a csatlakozótag foglalja el ezeknek a helyét. Ha bármikor vissza akarunk térni a normális adatfelvevő műveletekhez, a csatlakozó-tag helyébe a szokásos csatlakozók kerülnek és az SN 338 önálló egységként tüstént rendelkezésre áll.

7 TIGRE konfiguráció létezik, mindegyik speciális alkalmazási céllal. A minimum-elrendezéstől eltekintve az áttérést a kisebbről a nagyobbra úgy valósítjuk meg, hogy megfelelő plusz komponenseket dugaszolunk be.

A terjedelem növelés elérhető:

- memória kiterjesztéssel 12 K-ról 24 K-ra (maximum 32 K összteljesítménnyel) kiegészítő lemeztárolóval (két lemez egy helyett ugyanazon a kontrolleren) nagy felvétel-hosszra. Egy lemez elég, ha a felvétel-hossz 20 sec-ot nem lépi túl (4 ms sebességnél),
- egycsatornás kamera vagy plotter alkalmazásával speciális kijelzéshez,
- speciális aritmetikai egység, FFT vagy Fourier feldolgozó hozzáadásával.

Jellegénél fogva az 1. elrendezés jó a Dinoseis* számára, a 2. elrendezés minimum a Ibroseis** számára, ahol hosszabb felvétel-hosszak szükségesek. A 4. és különösen az 5. és 6. elrendezés a gyorsabb keresztkorrelációt segíti elő.

* Az Atlantic Richfield Co. védjegye

** A Continental Oil Co. védjegye.

Tehát a választék nagy és bármely speciális igényhez található megfelelő rendszer. Ez az irányzat más SERCEL készülékeknél is, ahol a modul-felépítést és a kiegészíthetőséget mindig követelményként vették figyelembe olyan berendezéseknél, amelyeket geofizikusok építettek geofizikusok számára.

MAGYAR GEOFIZIKA XIV. ÉVF. 5-6. SZÁM

Egyesületi hírek

A XVIII. Geofizikai Szimpozionum

A Magyar Geofizikusok Egyesülete, a Brno-i Geofizikai Vállalat és az Országos Kőolaj- és Gázipari Tröszt 1973. október 2-5. között Budapesten rendezte a XVIII. Geofizikai Szimpozionumot, és azzal egyidőben műszerbemutatót is tartottak hazai és külföldi cégek és intézmények részvételével. A Szimpozionum résztvevőinek száma: 245, ebből 141 külföldi (79 csehszlovák, 12 lengyel, 11 NDK, 8 jugoszláv, 5 bolgár, 3 SZU, 2-2 osztrák, kanadai, kubai, svéd, vietnami, hollandus, USA, 1-1 ausztrál, angol, BRD, román).

A műszerbemutatón résztvett 12 cég és intézmény (5 magyar, 2 francia, 2 kanadai, 1-1 lengyel, svéd és nyugatnémet).

A Szimpozionum tárgyköre a következő volt: *Az alkalmazott geofizika fejlődésének feltételei és lehetőségei.* Elhangzott 44 előadás (14 magyar, 16 csehszlovák, 3 szovjet, 3 NDK, 3 lengyel, 1 bolgár, 1 kanadai, 1 francia, 1 USA, és 1 NSZK). Az előadások témái elsősorban a geofizikai módszerek komplex alkalmazására, valamint a hegységek és előtereik földtani-geofizikai kutatására és az ezekhez kapcsolódó módszertani és műszertechnikai kérdésekre irányultak.

Három napon tanulmányi kirándulásokat is szerveztek két útvonalon: A Budapest - Szentendre - Visegrád - Esztergom - Tata - Vértesszöllős - Tatabánya - Budapest vonalon és a Velencei-hegységben, nagy részvétellel. Az első kirándulás vezetője *Dr. Kriván Pál*, a másodiké *Dr. Jantsky Béla* volt.

Az elhangzott előadások közlését jelen számunkban elkezdjük és a következő évfolyam számaiban folytatjuk.

Ifjú szakemberek ankétja

A Magyar Geofizikusok Egyesülete 1973. május 3-5. között Miskolc - Egyetemvárosban „*Ifjú szakemberek ankétja*” címmel előadássorozatot rendezett, ahol - egy-két kivétellel - kezdő geofizikusok mutatkoztak be. Az ankétot Stegena Lajos nyitotta meg. A négy áttekintő előadás mellett 20 előadás hangzott el a fiatalok részéről, a geofizikai kutatások valamennyi ágát felölelve. Az Egyesület az ifjú előadók munkáját szerény ajándékkal jutalmazta, az itt közlésre kerülő - Németh Géza, Renner János, Deák József, Bodri Bertalan és Zsellér Péter - öt dolgozat pedig „*előadói díj*”-ban részesült.

T. G.

Az STD-2 szeizmikus digitális berendezés ismertetése

N É M E T H G É Z A

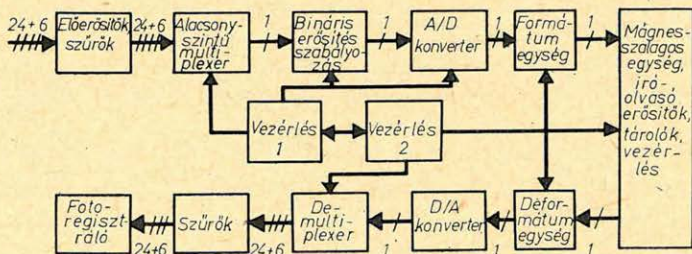
A cikk ismerteti az ELGI által kifejlesztett, korszerű harmadik generációs SDT-2 digitális berendezést, egyben részletesen kitér a digitális berendezésekkel kapcsolatos új fogalmak, abszolút és relatív dinamika, mintavételezés stb. ismertetésére.

Дается описание современной сейсмической цифровой аппаратуры типа СДТ-2 третьей генерации, разработанной в Геофизическом институте ЭЛГИ. Подробно рассматриваются новые понятия, связанные с цифровыми установками, как абсолютная и относительная динамика, квантование и т.п.

Es wird die beim Geophysikalischen Institut Lorand Eötvös entwickelte moderne digitale Einrichtung SDT-2 von dritter Generation beschrieben. Zugleich werden die mit den digitalen Einrichtungen zusammenhängenden neuen Begriffe, wie absolute und relative Dynamik, Probeentnahme usw. eingehend erörtert.

A szeizmikus kutatásokban világszerte tért hódítanak a korszerű digitális berendezések. Az OKGT DES III, az ELGI SDT-1, SDT-2, illetve SD-10 típusú berendezései jelzik a hazai szeizmikus kutatás rohamos fejlődését.

Mi tette szükségessé a digitális berendezések alkalmazását? Egyrészt a számítógépes feldolgozás követeli meg, hogy a terepen a mérések során már digitált formában rögzítsük a mérés eredményét mágnesszalagra, másrészt a több földtani információra törekvés, vagyis a dinamikartomány növelésének igénye. Ha összevetjük a fotoregisztrálós berendezések 50-60 dB-es dinamikartományát a magnós műszerek kb. 90 dB-es és a korszerű digitális berendezések 168 dB-es dinamikartományával, lemérhető az az óriási fejlődés, amelyen a szeizmikus felvevő berendezések keresztülmentek. Első hallásra szinte hihetetlenül nagy a 168 dB értéke. Ez ugyanis azt jelenti, hogy a legkisebb és legnagyobb jel aránya 1 : 100 000 000! Ez a nagy dinamika követelte meg azt, hogy a szokásos analóg rögzítés helyett rátérjünk a digitális rögzítésre.

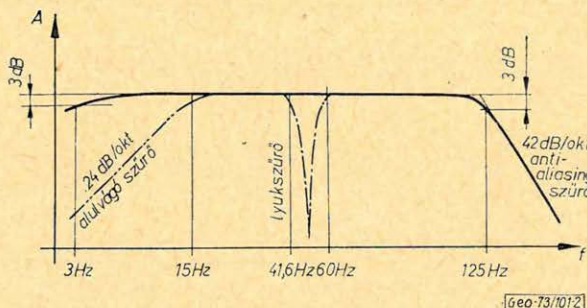


1. ábra - puc. -
Abbildung

Geo-73/101-7

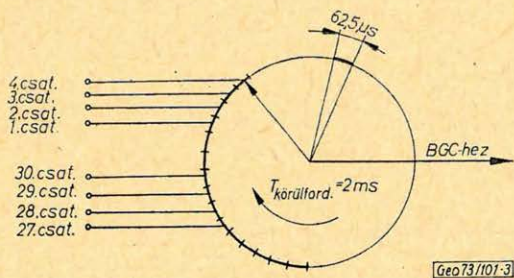
A digitális berendezések használata egyre több olyan fogalom megismerését teszi szükségessé, amely a hagyományos műszereknél nem szerepel. Ennek tükrében szeretném ismertetni az ELGI által kifejlesztett, korszerű, harmadik generációs SDT-2 digitális berendezést. A berendezés elvi vázlatát az 1. ábrán láthatjuk. Kövessük végig a jel útját a geofonoktól a fotoregisztrálóiig!

A geofonok nagy dina mikájú, de kis amplitúdójú jelet adnak az előerősítő- és szűrő-áramköröket tartalmazó bemeneti egységnek, amelynek átviteli karakterisztikáját a 2. ábra mutatja. A megfelelő szintre erősített és megszürt, még szabályozatlan analóg jel kerül az alacsony szintű multiplexer bemeneteire.

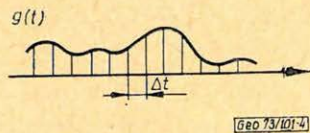


2. ábra - puc. - Abbildung

A multiplexer, működését tekintve, felfogható egy olyan körbe lépkedő-kapcsolónak, amelynek körülfordulási ideje állandó és éppen a mintavételezés idejével, esetünkben 2 ms-al egyenlő. Minden érintkezője az erősítő kimenő-pontjaihoz, leszedője pedig a bináris erősítésszabályozás bemenetére csatlakozik (3. ábra).



3. ábra - puc. - Abbildung



4. ábra - puc. - Abbildung

A multiplexer kimenetén tehát mindig egy csatorna jele látható 63,5 μs időtartamig. A leszedő 32 csatornás rendszer esetén 2 ms múlva tér vissza ugyanarra a csatornára. Más fogalmazásban: a multiplexer az a szerv, amely minden csatornából 2 ms-onként mintát vesz és eljuttatja a bináris szabályozáshoz (4. ábra). Miből adódik a 2 ms-os mintavételezési érték?

Shannon mintavételezési elmélete kimondja, hogy egy $g(t)$ jel, melynek frekvencia-spektruma 0-tól f_{max} -ig tart, egyértelműen meghatározható a $g(t)$ jelből vett mintákból, ha a mintavételezés Δt ideje és a spektrum f_{max} maximális frekvenciája között a következő összefüggés áll fenn:

$$\Delta t = \frac{1}{2 f_{max}}$$

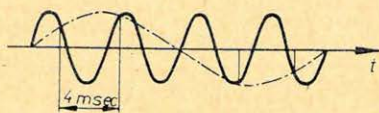
Mi történik, ha a frekvencia nagyobb, mint a Shannon-képlet alapján megengedett f_{max} ? A következő példában vizsgálunk meg egy 200 Hz-es jelet, 4 msec-os mintavételezési periódussal (5. ábra).

Láthatjuk, hogy a 200 Hz-es jel a mintavételezés után, mint 50 Hz-es jel jelenik meg. A mintavételezésnek ezt a tulajdonságát átlapolásnak, áttükörözésnek nevezzük és jelen esetben 125 Hz volt a tükrözési tengely.

2 msec-os mintavételi periódus esetén a tükrözés:

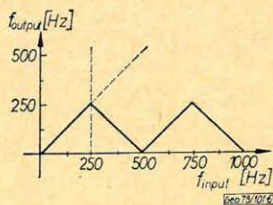
$$f_{\max} = \frac{1}{2 \times 0,002} = 250 \text{ Hz-nél}$$

lesz. Tekintsük át a mintavételezés input/output frekvencia karakterisztikáját (6. ábra). Amint a 6. ábra mutatja, az f_{\max} feletti frekvenciák tükröződnek a hasznos frekvenciasávban. Ezeket a nagy frekvenciákat már a mintavételezés előtt ki kell szűrni, ezért minden digitális berendezés elengedhetetlen tartozéka egy ilyeneket szűrő, de itt most nem részletezett, ún. anti-aliasing szűrőkészlet. Tovább vizsgálva a jel útját láthatjuk, hogy a multiplex kimenete a bináris erősítésszabályozás bemenetére csatlakozik.



Geo.73/101-5

5. ábra - puc. - Abbildung



Geo.73/101-6

6. ábra - puc. - Abbildung

Milyen előnyei vannak a bináris erősítésszabályozásnak az FM analóg berendezések programszabályozásával szemben?

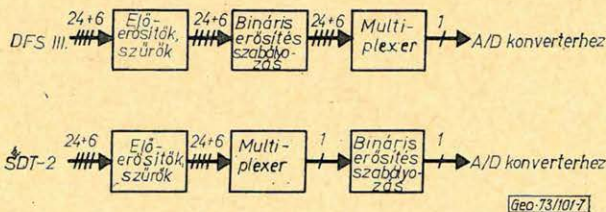
Egyrészt nemcsak erősítésnövelés, hanem erősítés-csökkentés is lehetséges, másrészt az erősítés konkrét 6 dB értékkel változik és az erősítés pillanatnyi értékét rögzíteni tudjuk, tehát a számítógépes feldolgozás során az eredeti amplitúdót vissza tudjuk állítani.

A szabályozás dinamikája 84 dB, ami 6 dB-es lépéseket tekintve 14 lépésnek felel meg. Az erősítés lépési pontossága $\pm 1\%$. Erősítést növelni 60 ms-onként, csökkenteni pedig 2 ms-onként lehet.

Hasonlítsuk össze az SDT-z multiplexer és bináris erősítésszabályozás megoldását a DFS III. berendezés hasonló részeivel.

Amint a 7. ábra mutatja, a DFS III. berendezésnél a multiplexer a bináris erősítésszabályozás után helyezkedik el, és így szükség van minden előerősítő után egy bináris szabályozású erősítőre.

Az SDT-2 konstrukcióinak sikerült a multiplexert a bináris erősítésszabályozás elé helyezni. Ez lényegesen nagyobb követelményt támaszt a kapcsolóval szemben (zaj, a kapcsolt jel dinamikája stb.), viszont bináris erősítő-



7. ábra - puc. - Abbildung

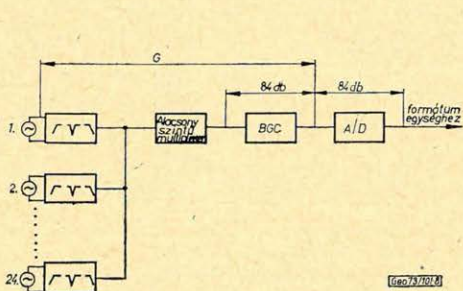
ből csak egyetlen egy kell. Így valamennyi csatorna jele ugyanazon a bináris osztóláncon halad keresztül, tehát ez a megoldás mind pontosságban, mind egyszerűségben jóval előnyösebb.

Meg kell jegyezni, hogy a legújabb *DFS IV. IFP* erősítésű berendezésekben a multiplexer már szintén a szabályozás előtt helyezkedik el.

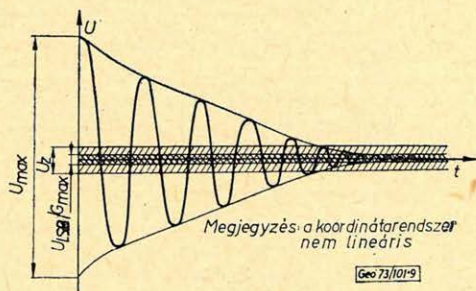
A bináris erősítésszabályozást a digitális berendezések legfontosabb egysége, az analóg/digitál átalakító követi. Az *A/D* konverter feladata az, hogy megmérje minden csatornán a mintavételi amplitúdó értékét és ezt bináris számmá átalakítva a kimeneti tároló sorba beírja.

Az *SDT-z* konvertere a „bináris súlyokkal való fokozatos megközelítés” elvén működik. A konvertálás közelítő folyamat. Egy ciklusának a lépései a következők: veszi a mérendő jelet és megállapítja, hogy a mérési tartomány melyik felébe esik; ha szükséges, egy feszültségérték levonásával eltolja a tartomány első felébe. A következő ciklusban ugyanez történik és eredményül már azt kapjuk, hogy a tartomány melyik negyedébe esik a feszültség. A ciklus addig ismétlődik, amíg a bináris súlyokkal előállított feszültség meg nem egyezik a konvertálandó feszültséggel. A bináris súlyok előállítása létrahálózattal történik. A teljes konverzió eredményeként a mérési tartomány 2^{14} tartományra osztódik és a létrán beállított feszültség ennek megfelelő pontossággal fog meg egyezni a mérendő jellel. A létra kapcsolóinak állása a jel nagyságának megfelelő bináris számot jelenti.

Vizsgáljuk meg a 8. ábra alapján, hogy milyen szerepe van az *A/D* konverter bemenete és a geofon közötti erősítésnek, amit *G*-vel jelöltünk.



8. ábra - *pu.* - *Abbildung*



9. ábra - *pu.* - *Abbildung*

Könnyen belátható, hogy minél nagyobb *G* értéke, annál nagyobb lesz a berendezés érzékenysége. Ezzel szemben a bemeneti műszerzaj is nagyobb erősítéssel jelenik meg. Jelöljük a műszer bemeneti zaját $U_{z\text{eff}}$ -fel, a konverter legkisebb bitjének értékét pedig U_{LSB} -vel. Ahhoz, hogy a műszer zaját még ne érzékelje az *A/D* konverter, a következő összefüggésnek kell teljesülnie:

$$U_{z\text{eff}} \times G < U_{LSB} \quad (1)$$

Az ezzel a képlettel számolt *G* érték kis érzékenységet eredményezne. Ezért *G* értékét úgy kell megválasztani, hogy a (2) összefüggés teljesüljön, vagyis

$$U_z \times G \sim 225 \times U_{LSB} \quad (2)$$

legyen. Ennek következtében megnő az érzékenység, másrészt teljes erősítés esetén az *A/D* konverter első nyolc helyértékét a zaj fogja kitölteni. Azokat a jeleket, amelyek ebbe a tartományba esnek, a visszajátszáskör nem tudjuk

kiértékelni. Számítógépes feldolgozás során azonban ezek a jelek, különböző matematikai módszerekkel elválaszthatók a zajtól, tehát a dinamikatartomány ezen része is hasznos.

Digitális berendezéseknél ennél fogva kétféle dinamikatartomány ismeretes. Ha a maximális bemenőjelet a bemeneti zajhoz viszonyítjuk, a relatív, vagy zajhoz számított dinamikát kapjuk.

Ha a dinamikatartománynak a zaj alatti, esetünkben $0,15 \mu V$ alatti részét hozzáadjuk ehhez az értékhez, megkapjuk az abszolút dinamikatartományt. Másképpen fogalmazva: a maximális bemenőjelnek és annak a legkisebb jelnek a hányadosát, amelyet a konverter még érzékel, abszolút dinamikának nevezzük (9. ábra).

$$\text{abszolút dinamika} = \frac{U_{\max}}{U_{LSB}/G_{\max}}, \quad (3)$$

$$\text{relatív dinamika} = \frac{U_{\max}}{U_z}. \quad (4)$$

Ezek az értékek az $SDT-2$ berendezésnél 168 dB , illetve 118 dB . Az elvi vázlaton láthatjuk, hogy G értékének egyik összetevője a bináris erősítő erősítése. Ez változó, tehát meg kell különböztetni G_{\min} -ot és G_{\max} -ot. Behelyettesítve az (1) összefüggésbe azt kapjuk, hogy

$$U_z \times G_{\min} \ll U_{LSB} \quad (5)$$

és

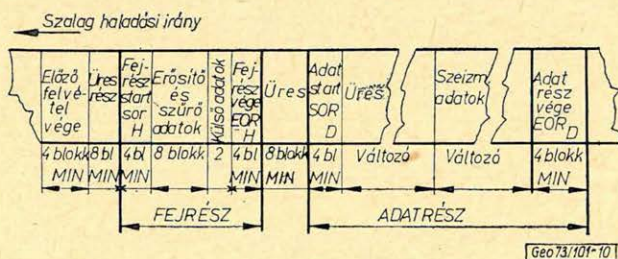
$$U_z \times G_{\max} \sim 225 U_{LSB}. \quad (6)$$

Az erősítés kezdeti értékét többféle tényező alapján (talajnyugtalanóság, töltetnagyság stb.) határozhatja meg az észlelő.

Az A/D konverter kimenetéről a bináris információ a formátum-egységbe jut. Ide kerülnek még a különböző egyéb adatok is pl. a szűrő- és előerősítő-adatok, felvételhossz, kezdeti erősítés stb. A formátum-egység funkciója:

1. a szalag-formátum előállítása a nemzetközi szabványnak megfelelően;
2. a felvétel elkészítése a hozzátartozó vezérlésekkel, magnó indítása, regisztráló indítása, robbantási parancs kiadása stb.

Egy felvétel a szalagon a következőképpen helyezkedik el: (10. ábra).



10. ábra — puc. — Abbildung

Az adatrészben 21 sávban az alábbiakat rögzítjük:

- 13+1 sávban az A/D konverter tartalmát,
- 4 sávban a négy erősítés-bitet,
- 1 sávban a fenti 18 bitből képzett paritás-helyességi-bitet,
- 1 sávban az órajelet,
- 1 sávban a blokk-bitet.

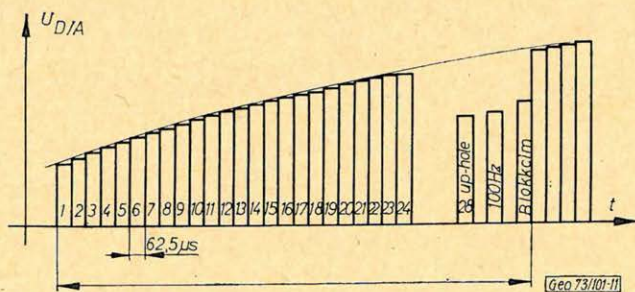
A szeizmikus adatok blokkokban rendezve vannak felírva. Egy blokk 32 szót tartalmaz. Ebből 24 szeizmikus csatorna adat, 6 segédcsatorna adat, a 31. szóban tetszőleges szó írható fel, a 32. szó pedig a blokkcímet tartalmazza. A blokkcím az időjeltől eltelt időt rögzíti 2 ms-onként.

A formátum-egységből kijövő információt a mágnesszalagos egység rögzíti. Az egység 21 sávos, 1"-os fejblokkal rendelkezik. A fejblokk külön törlő, író, illetve olvasó fejeket tartalmaz, s így lehetősége van az írás utáni azonnali olvasásra. Ennek következtében a felvétellel egyidőben elkészíthető a direkt visszajátzás is, ami jelentős időmegtakarítást eredményez. Egyenáramú futóművel rendelkezik, ennek következtében a start/stop ideje nagyon kedvező. A szalagsebesség 45 ips (hüvelyk/sec), a felírható bitsűrűség 356 bpi (bit/hüvelyk). A felírási mód: NRZI. A mágnesszalagos egység tartalmazza ezen kívül a beíró, illetve kiolvasó logikai egységeket és a szükséges vezérléseket, tehát önálló tárolóként is alkalmazhatjuk.

A mágnesszalagos egységből az adatok a deformátum-egységbe kerülnek, amelynek feladata a következő:

1. a felvétel visszajátzása és a felvételre jellemző paritáshibás szavak, illetve hibás blokkok számának megjelölése,
2. egy kiválasztott szeizmogram cím szerinti keresése úgy, hogy keresés közben állandóan jelzi a szalagon levő felvételek számát.

A deformátum-egység a szeizmikus adatokat a D/A konverter bemenetére továbbítja, amely a számjegyes formában levő információt analóg jellé alakítja vissza. A D/A konverter kimenetén mind a 32 csatorna jele egy vezetéken, időmultiplexer formában jelenik meg (11. ábra).



11. ábra – puc. – Abbildung

A demultiplexer feladata, hogy szétválassza ezt az időmultiplexer formában levő jelet. A csatornákra szétválasztott jelek megfelelő szűrés után a fotoregisztráló bemenetére kerülnek (12. ábra).

A fotoregisztrálót csak monitor felvételek készítésére használjuk; 24+2 csatornás, ultraviola fényforrással rendelkezik, így nem kell a szokásos hívást és fixálást végezni.

Az SDT-2 berendezés időjel rendszere úgy van kiépítve, hogy mind rádiós, mind pedig kábeles összeköttetésnél használható.

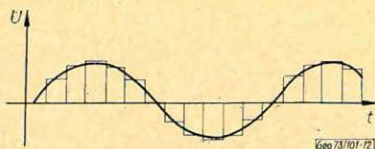
Egy-két szót még a berendezés üzemeltetéséről. Az SDT-2 kísérleti példánya 1972 második felében készült el és kb. 1 hónapig dolgozott a Nyírségben. A tapasztalatok alapján télen elkészültek a szükséges módosítások. 1973 májusától a módszer ismét terepen dolgozik. Üzembiztonsága a vártnál jobb, amiben természetesen nagy szerepe van a műszer ellenőrzésének, illetve karbantartásának.

Reméljük, hogy az SDT-2 berendezés fordulópontot jelent az ELGI szeizmikus kutatásában és paramétereinél fogva olyan többlet-információt tud szolgáltatni, amilyent a hagyományos berendezések nem tudtak.

Befejezőként közlöm a berendezés műszaki paramétereit.

Az SDT-2 típ. digitális szeizmikus berendezés specifikációs adatai.

A szeizmikus csatornák száma	24
A segédcsatornák száma	6
A bitek száma	13 + 1
Az átviteli frekvenciatartomány	5 – 125 Hz
Szalagformátum	SEG 21 sávós
Harmonikus torzítás	0,2% (10 – 125 Hz)
Áthallás a csatornák között	70 dB
Az erősítés pontossága	
lépésről lépésre	-0,15%
csatornák között	-0,5%
A bemenetre számított zajfeszültség	0,2 μV_{eff}
Maximális bemenőjel	140 mV _{eff}
Az erősítőszabályozás módja	bináris erősítésszabályozás
Az erősítőszabályozás dinamikája	84 dB
Az alulvágó szűrő határfrekvenciája és meredeksége	15 Hz, 24 dB/oktáv
A felülvágó szűrő határfrekvenciája és meredeksége	125 Hz (3 dB) 42 dB/okt.
A sávúvágó szűrő csillapítása	40 dB (50 Hz-en)
Minimális erősítés	24 dB
Maximális erősítés	114 dB
Az időmérés pontossága	10 ⁻⁵ sec
Teljesítményfelvétel	max. 500 W (12 V akkumulátor)
A működés hőmérséklet tart.	0° – 40° C



12. ábra – puc. – Abbildung

Kőzetek réz- és cinktartalmának meghatározása roncsolásmentes neutronaktivációs analízissel

RENNER JÁNOS

A módszer alapjainak elméleti kifejtése és a kiértékelési eljárás ismertetése után beszámol a szerző a kísérleti mérésekről és azok kiértékeléséről. Bemutatja néhány kőzetmintá Cu- és Zn – koncentrációértékét, összehasonlítva az eredményeket ugyanazon kőzetminták nedves kémiai elemzésével nyert adatokkal,

После изложения теоретических основ рассматриваемого метода и описания методики интерпретации обсуждаются проведенные опытные работы и результаты интерпретации полученных данных. Приводятся примеры определения содержания меди и цинка некоторых образцов горных пород и дается их сопоставление с данными химического анализа.

Nach einer Entwicklung der theoretischen Grundlagen der Methode und Beschreibung des Auswertungsfahrens werden die angestellten Versuchsmessungen und deren Auswertung beschrieben. Es werden die Cu- und Zn-Konzentrationswerte einiger Gesteinsproben vorgeführt und mit den Angaben verglichen, die mittels des konventionellen chemischen Nässe-Verfahrens gewonnen wurden.

1. Bevezetés

A fent említett kőzetalkotó komponensek kimutatását a roncsolásmentes neutronaktivációs analitika segítségével kívánjuk elvégezni. A módszer alapja: gyorsneutron besugárzással a vizsgálandó anyag atomjainak egy részét radioaktívvá alakítjuk át, majd megfelelő mérés technika segítségével meghatározzuk a radioaktív mag gamma sugárzásának minőségét és intenzitását, mely az anyag mennyiségi és minőségi összetételére ad felvilágosítást.

A mérés kiértékelésére az ún. „relatív” módszert alkalmaztuk. Lényege, hogy a vizsgálandó mintával azonos besugárzási és mérési körülmények között ismert koncentrációjú etalonsorozatot aktiválunk, majd mérünk. Az így nyert hitelesítési paraméterek (P, R, S, T konstansok) ismeretében az ismeretlen koncentrációértékek meghatározhatók.

2. Elméleti alapok

A felaktivált kőzetminták gamma-energiaspektrumában jól érzékelhetően 3 fotocsúcs jelentkezik: $0,51, 0,84, 1,78$ MeV értékekkel (I. ábra).

A $0,51$ MeV fotocsúcs értelmezése és felhasználása biztosítja a feladat megoldását. A pozitron sugárzást nyújtó és annihilációs gamma sugárzás révén detektálható aktív termékek ($n, 2n$) magreakcióval jönnek létre. Jellemző adatok az éreminták komponenseire nézve:

1. táblázat – таблица – Tabelle

Anyaiizotóp	Izotóp gyak.	Befogási hat. ker.	Aktív izotóp	Felvezési idő	Észlelési küszöb [1]
Cu – 63	69,1%	550 mb	Cu – 62	9,9 min	0,05 mg
Zn – 64	48,9%	200 mb	Zn – 63	38,0 min	0,77 mg
Fe – 54	5,8%	15 mb	Fe – 53	8,5 min	
K – 39	13,0%	4 mb	K – 38	7,7 min	3,40 mg
Mo – 92	15,9%	190 mb	Mo – 91	15,5 min	1,00 mg

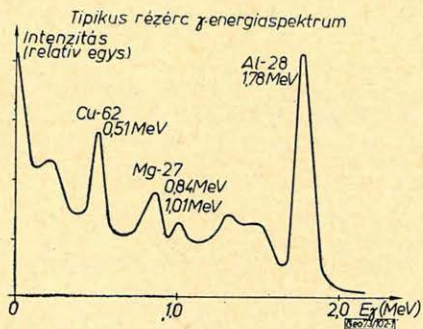
Látható, hogy a fotocsúcs kialakításában számottevően csak a *Cu* és *Zn* játszik szerepet.

Az irodalomban a kőzetek *Cu*- és *Zn*-tartalmának meghatározására két mérési metodikai elv ismeretes [2, 3, 4]: spektrális mérési metodika és koincidenca technikával történő mérés. Spektrális mérés esetén elvégezzük a minta teljes gamma-energiáspektrumának felvételét sokcsatornás analizátorral, majd a kapott impulzuseloszlást kiértékelve jutnak el a nyers észlelési adatokhoz. Koincidenca-mérés esetén két egymással szemben elhelyezett detektor érzékeli a radioaktívra tett anyag sugárzását és a létrejövő koincideneciák számát hozzuk kapcsolatba a meghatározandó elemek mennyiségével.

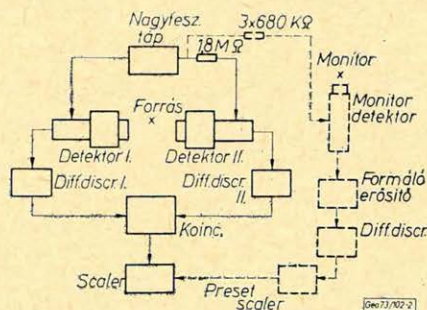
Mindkét mérési elvet az adott konkrét feladatra kidolgoztuk és kritikai vizsgálat tárgyává tettük. Megállapítottuk, hogy a mérési pontosságon és reprodukálhatóságon kívül egyéb paramétereket is figyelembe véve (a mérések eszközigénye, automatizálhatósága, a mérés lefolytatásához szükséges idő, a kiértékelés időigénye, automatizálhatósága stb.) a koincideneciás mérési metodika alkalmazása látszik előnyösebbnek üzemszerűen végzendő sorozatmérésnél.

3. A kísérlet leírása

A porított és inaktív tubusba töltött 10 g súlyú ércminták aktiválása a téma keretében felújított Na-3 típus. neutrongenerátor segítségével történt. A lejátszódó neutrontermelő reakció $T(d, n)4He$, amely 14 MeV-es monoenergetikus neutronnyalábot szolgáltat. A berendezés neutronhozama 1 mA target áram mellett $2,5 \times 10^{10}$ n/sec.



1. ábra - puc. - Abbildung



2. ábra - puc. - Abbildung

A mérőberendezés elrendezési vázlatát a 2. ábrán látható. Detektorként 2 db módosított ND 204 típusú, szcintillációs mérőfejben elhelyezett, 75×50 mm méretű NaJ(Tl) kristályt alkalmaztunk. A detektorok homlokfelületének egymástól való távolsága 20 mm. A detektorok jeleit NK 215/B típusú differenciál-diszkriminátorokra vezetjük, amelyek időzítő diszkriminátorait „átmenet” üzemmódban használjuk. A differenciál-diszkriminátorok alsó szintjét, ill. a csatornaszélességeket úgy állítottuk be, hogy a réz, ill. cink 0,51 MeV-es annihilációs sugárzásának megfelelő fotocsúcsot teljes egészében érzékeli. A differenciál-diszkriminátorok kimenő jeleit NI 202/1 típusú koincidencaegység két bemenő csatornájára csatlakoztatjuk: a koincidenca-berendezés névleges felbontóképessége 0,1 μ sec, a bemenő érzékenység 30 mV. A koincidenca-berendezés kimenő jeleit házi gyártmányú 10 MC számlálási sebességű,

presetálható számlálóval számláltuk. A detektorok nagyfeszültségű tápegysége *NB 215/1* típusú.

A mérés során az aktiválást végző neutronfluxust $CuCO_3$ vegyszerből készített monitorokkal mérjük. A monitorok beütésszámát 38×25 mm méretű *NaJ(Tl)* szcintillációs kristállyal detektáljuk. A mérőfejet 3 cm falvastagságú ólomhengerbe helyeztük a háttér csökkentése érdekében.

A monitor-mérő szcintillációs mérőfej jelei ugyancsak *NK 215/B* differenciál-diszkriminátorra kerülnek, melynek kimenő impulzusait – *TF01* típusú differenciál- és fázisfordító erősítőn keresztül a házi gyártmányú *10 MC* számlálási sebességű presetálható számlálóval kívánjuk mérni. A differenciál-diszkriminátorral – a háttér csökkentése érdekében – a monitor által kibocsátott $0,51$ MeV-energiájú annihilációs sugárzás fotocsúcsát mérjük. A monitor-mérőfej nagyfeszültségű tápegysége ugyanaz, mint a koincidenca-mérőfejeké, de a monitor-mérőfejben levő fotosokszorozó nagyobb erősítése miatt a túlvezérlés elkerülése érdekében a nagyfeszültségű csatlakozó elé, az elosztó táblán 0×680 K = $2,04$ M értékű feszültségcsökkentő ellenállást csatlakoztunk.

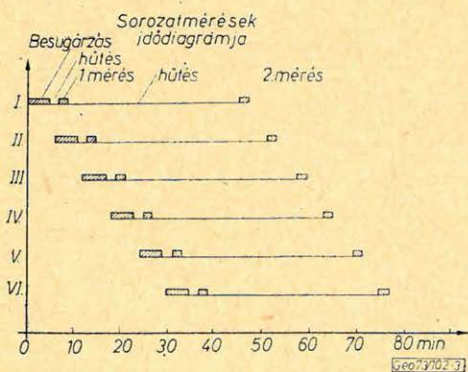
A minta és a monitor aktiválását az *NA-3* neutrongenerátor targetlemének külső oldalára erősített csőposta-végállomásban végezzük. A minta és a monitor egymás mögött helyezkedik el, a homogén besugárzás biztosítása érdekében a rendszert a hossz tengelye körül forgatjuk. A minták továbbítását a mérőhelyiségből és vissza automatikus pneumatikus csőpostarendszer segítségével végezzük.

A mérőrendszer tartozéka egy házi gyártmányú vezérlő automatika, mely az előre beállított programnak megfelelően elvégzi az impulzus-számlálás indítását, a mérési eredmény rögzítését, a mintatovábbító pneumatikus csőpostarendszer vezérlését.

Laboratóriumunkban a szcintillációs detektorok háttérviszonyait vizsgálva azt tapasztaltuk, hogy a $0,51$ MeV-es fotocsúcsban detektálva a természetes háttérből származó sugárzás az oldalesatornáknakban 2312 cpm, ill. 2338 cpm. A koincidenca-csatornáknakban a háttér-véletlen koincideneciák száma 10 cpm. Ez az eredmény azt mutatja, hogy koincidenca-mérés esetén a természetes háttér elhanyagolható és a nyers mérési adatokból levonása nem szükséges.

Az aktiválást 300 sec-ig végeztük, a minták első mérése előtt 120 sec hűtést alkalmaztunk. A második mérés előtt 40 perc volt a hűtési idő. A neutronfluxus ingadozásából adódó hiba elkerülésére a méréseket a monitor-impulzusszámra presetáljuk, azaz a mérési idő a mindenkori neutronfluxus függvénye. A berendezés mérési állandóit (*P, R, S, T* konstansok) 6 db kémiai elemzett standard kőzetminta segítségével határozzuk meg. A mérési módszer ellenőrzésére ismételt mérésekkel határozzuk meg a reprodukciós pontosságot.

A sorozatmérések idődiagramját a 3. ábrán tüntettük fel.



3. ábra – *pu.* – *Abbildung*

4. Mérési eredmények kiértékelése

Relatív méréseket végeztünk.

A mérendő mintával azonos besugárzási és mérési körülmények között a vizsgálandó elem ismert mennyiségét (standard) aktiváljuk, majd mérjük. Az így nyert aktivitásértéket a mérendő minta aktivitásával összehasonlítva a meghatározandó elem mennyisége számítható.

$$m = \frac{I}{I_{st}} \cdot m_{st}, \quad (1)$$

ahol

- m a meghatározandó elem mennyisége (g),
 I a meghatározandó elemből keletkező radioizotóp intenzitása,
 m_{st} a „standard” mennyisége (g),
 I_{st} a „standard” intenzitása.

Ha az A és B elemekből a különböző magreakciók révén keletkező aktív termékek gamma sugárzásának az energiája megegyezik, de a felezési idők különbözők, akkor szétválasztásukat a minta aktivitásának két különböző időpontban történő mérésével végezzük. Rövidebb hűtésnél az N impulzus-szám kialakulásában a rövidebb felezési idejű aktív termék dominál, a hosszabb felezési idejű szerepe kisebb, hosszabb hűtésnél viszont a szerepkörök felcsere-lődnek.

$$\begin{aligned} N_{1i} &= x A_i + y B_i & x > y, \\ N_{2i} &= u A_i + v B_i & u < v, \end{aligned} \quad (2)$$

ahol

N_{1i} és N_{2i} az i -edik mintán a különböző időpontokban mért impulzus-számok.

Az x , y , u , v konstansok meghatározása ismert összetételű ($A\%$, $B\%$ ismert) standard mintasorozatok segítségével történik [5].

Bevezetve a

$$\begin{aligned} P &= \frac{v}{xv - yu} \\ R &= \frac{y}{xv - yu} \\ S &= \frac{x}{xv - yu} \\ T &= \frac{u}{xv - yu} \end{aligned} \quad (3)$$

jelölést, az ismeretlen összetételű minta $A\%$, $B\%$ súlyszázalékára megadva.

$$\begin{aligned} A\% &= PN_{1i} - RN_{2i}, \\ B\% &= SN_{2i} - TN_{1i}. \end{aligned} \quad (4)$$

5. A mérési eredmények bemutatása

A következő táblázat néhány kőzetminta *Cu*- és *Zn*-koncentrációértékét tartalmazza. A hibahatár jellemzésére a koncentrációértékek standard deviációját tüntettük fel. Összehasonlításképp feltüntettük ugyanezen kőzetminták nedves kémiai elemzéssel nyert mérési adatait.

2. táblázat – таблица – Tabelle

Minta sz.	Cu % (kém.)	Cu % (akt. anal.)	Zn % (kém.)	Zn % (akt. anal.)
6526	3,46	3,52 ± 0,17	0,06	0,00 ± 0,42
6525	0,32	0,33 ± 0,02	6,12	5,75 ± 0,36
6524	0,32	0,37 ± 0,02	7,64	7,22 ± 0,34
6523	5,90	5,83 ± 0,23	8,88	9,65 ± 0,50
6521	0,55	0,59 ± 0,07	0,06	0,00 ± 0,07

A vizsgált rézérccek réztartalmának koincidenciás mérési technikával történő meghatározása esetén a mérések relatív hibája $\pm 5-10\%$, a kőzetek *Cu*- és *Zn*-tartalmától függően. A fentemlített határon belül hibával való ki-mutathatóság alsó határa $0,1\%$ réztartalom abszolút értékben.

IRODALOM

- [1] *Cuypers – Cuypers*: Gamma ray spectra and sensitivities for 14 MeV neutron activation analysis. (Jour. of Rad. Chem. Vol. 1. (1968) pp. 243–264)
- [2] *H. P. Dibbs*: The application of neutron activation analysis to the determination of copper in minerals (Research Report R 205 1969. ápril.)
- [3] *L. Gorski*: Fast-neutron activation analysis for determination of copper content of lower silesian copper deposits (Talanta, 11/1964) pp. 1135–42)
- [4] *L. V. Navalikhin*: Simultaneous determination of lead, copper, and zinc in multimetal ores and their processed products by activation analysis. (Jour. of Rad. Chem. Vol. 11 1972. pp. 257–264)
- [5] *Tatár J.*: Bauxitminták *Al*, *Si*-tartalmának meghatározása. (ELGI Intézeti jelentés 1963.)

Gyors Fourier transzformáció vizsgálata

Z S E L L É R P É T E R

A digitális szeizmikus adatfeldolgozás során gyakran szükséges a szeizmikus csatornák spektrumának ismerete. A Fourier transzformáció elvégzése a szokásos úton gyakorlatilag lehetetlen az adatok nagy száma miatt. A cikk röviden áttekinti a Cooley-Tukey algoritmus gyakorlati megvalósítását, mellyel a transzformáció számítási idejét a reális követelmények közé lehet szorítani.

При цифровой обработке сейсмических данных часто приходится знать спектры сейсмических каналов. В связи с большим объемом данных невозможно проводить трансформацию фурье обычным способом. В работе дается короткий обзор практического осуществления алгоритма Cooley—Tukey, позволяющего сократить время вычислений по трансформации в соответствии с реальными требованиями.

Im Laufe der digitalen seismischen Datenverarbeitung benötigen wir vielfach die Kenntnis des Spektrums der seismischen Kanäle. Die Ausführung der Fourier-Transformation auf dem üblichen Weg ist praktisch unmöglich wegen der grossen Zahl der Daten. Im Aufsatz wird die praktische Verwirklichung des Cooley—Tukeyschen Algorithmus kurz behandelt, wobei die zur Berechnung der Transformation benötigte Zeitspanne zwischen realen Grenzen gehalten werden kann.

Digitális adatrendszerek szűréséhez jelentős segítséget nyújt az adatrendszer Fourier transzformáltjának az ismerete. Pilenkor a szűrés szorzással végezhető el, az adatrendszer és a szűrő súlyfüggvényének spektrumát kell összeszorozni. Időtartományban ez konvolúcióképzésnek felel meg, de a szűrő súlyfüggvényének meghatározásához itt is fel kell használni a Fourier transzformációt.

Egy $g(t)$ időfüggvény Fourier transzformáltja a következő:

$$G(f) = \int_{-\infty}^{\infty} g(t) e^{-j2\pi ft} dt$$

A $G(f)$ frekvenciafüggvényből az időfüggvény inverz Fourier transzformációval kapható vissza:

$$g(t) = \int_{-\infty}^{\infty} G(f) e^{j2\pi ft} df$$

Mintavételezett adatrendszerek esetében a Fourier transzformációt numerikusan kell végrehajtani.

$$G(n \Delta f) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} g(m \Delta t) e^{-j2\pi \Delta f \Delta t nm \Delta t}$$

$$g(m \Delta t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} G(n \Delta f) e^{j2\pi \Delta f \Delta t nm \Delta f}$$

ahol Δt az időbeli, Δf a frekvenciatartománybeli mintavételi távolság.

Vegyük figyelembe, hogy digitális adatrendszerek Fourier transzformáltja periodikus. Egy periódus hossza időtartományban: $M\Delta t = \frac{1}{\Delta f}$, frekvencia-tartományban: $N \Delta f = \frac{1}{\Delta t}$

Tekintsük a frekvenciabeli mintavételt egységnyinek. Ekkor $N = M$ és az előbbi összefüggések a következők lesznek:

$$G(n \Delta f) = \frac{1}{M} \sum_{m=-\frac{M}{2}}^{\frac{M}{2}} g(m \Delta t) e^{-j \frac{2\pi}{M} nm} \quad (1)$$

$$g(m \Delta t) = \sum_{n=-\frac{M}{2}}^{\frac{M}{2}} G(n \Delta f) e^{j \frac{2\pi}{M} nm} \quad (2)$$

A gyors Fourier transzformáció

A több ezer pontból álló adatrendszerek transzformálása szükségessé tette a Fourier transzformáció műveleti sebességének a megnövelését. Az algoritmus kidolgozása Cooley és Tukey nevéhez fűződik.

A következőkben vázlatosan áttekintjük az algoritmus alkalmazását, az összefüggések bizonyítása nélkül.

A bizonyítások az irodalomban megtalálhatók.

Legyen az (1)-ben szereplő $e^{-j \frac{2\pi}{M} nm} = w$.

Ekkor az (1) mátrix alakban így írható:

$$[G_n] = [w^{nm}] [g_m] \quad (3)$$

ahol $[G_n]$ és $[g_m]$ M elemből álló oszlopvektorok $[w^{nm}]$, pedig egy $M \times M$ alakú mátrix.

A Cooley – Tukey algoritmus alapja, hogy ha $M = 2^k$, akkor a $[w^{nm}]$ mátrixot $k+1$ mátrix szorzatára bontják fel:

$$W = W_k \cdot W_{k-1} \cdot W_{k-2} \cdot \dots \cdot W_1 \cdot W_0$$

Nézzük meg ezt a felbontást egy egyszerű példán. Legyen $M = 2^2 = 4$. Ekkor:

$$w = e^{-j \frac{2\pi}{4}}$$

Vegyük észre, hogy

$$w^{4q} = e^{-j \frac{2\pi \cdot 4q}{4}} = e^{-j 2\pi q} = 1 \quad (q = 0, 1, 2, \dots, M)$$

Ezért

$$w^{4q+p} = w^p$$

A transzformáció mátrixa a következő lesz:

$$W = \begin{pmatrix} w^0 & w^0 & w^0 & w^0 \\ w^0 & w^1 & w^2 & w^3 \\ w^0 & w^2 & w^4 & w^6 \\ w^0 & w^3 & w^6 & w^9 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} w^0 & w^0 & w^0 & w^0 \\ w^0 & w^1 & w^2 & w^3 \\ w^0 & w^2 & w^0 & w^2 \\ w^0 & w^3 & w^2 & w^1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & w & w^2 & w^3 \\ 1 & w^2 & 1 & w^2 \\ 1 & w^3 & w^2 & w \end{pmatrix}$$

Ez a mátrix a következő három mátrix szorzatára bontható:

$$W = W_2 \cdot W_1 \cdot W_0$$

ahol:

$$W_0 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & w^2 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & w^2 \end{pmatrix}$$

$$W_1 = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & w^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & w \\ 0 & 0 & 1 & w^3 \end{pmatrix}$$

$$W_2 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

A felbontás helyességéről a mátrixok összeszorzásával meggyőződhetünk.

A (3)-ban jelölt Fourier transzformációt tehát úgy kell elvégeznünk, hogy először a $[g_m]$ oszlopvektorral (jobbról) megszorozzuk a W_0 mátrixot, az eredménnyel megszorozzuk a W_1 mátrixot, ennek eredményével pedig a W_2 mátrixot:

$$G = W_2[W_1(W_0 g)] \quad (4)$$

A (4) kifejezés végrehajtása azért könnyebb, mint a (3), mert a W_0 és W_1 mátrixoknak egy-egy sorában csak két nullától különböző elem van, az egyik mindig egyes, a másik egy komplex szám, w valamilyen hatványa. Az utolsó, W_2 mátrix alkalmazása pedig csak az adatok átrendezését jelenti.

Legyenek az egyes részeredmény oszlopvektorok G^0 és G^1 . Írjuk fel ezeket:

$$G_0^0 = g_0 + w^0 g_2$$

$$G_1^0 = g_1 + w^0 g_3$$

$$G_2^1 = g_0 + w^2 g_2$$

$$G_3^0 = g_1 + w^2 g_3$$

Ezekből:

$$G_0^1 = G_0^0 + w^0 G_1^0$$

$$G_1^1 = G_0^0 + w^2 G_1^0$$

$$G_2^1 = G_2^0 + w G_3^0$$

$$G_3^1 = G_2^0 + w^3 G_3^0$$

Ábrázoljuk G^1 oszlopvektor elemeinek az indexét binárisan, k darab biten (k most 2 volt, mert $4 = 2^2$). A W_2 mátrix alkalmazása nem más, mint G^1 vektor elemeinek az inverz bináris átrendezése.

Ezt úgy kapjuk meg, hogy a vektor elemeinek az indexét binárisan ábrázoljuk, és a középpontjukra nézve tükrözzük. (Esetünkben a középpont a két bit között van.)

Ezután az egyes elemeket az ily módon invertált index által kijelölt helyre tesszük.

Esetünkben az indexek:

(0) 00		00 (0)
(1) 01	ezek invertáltja:	10 (2)
(2) 10		01 (1)
(3) 11		11 (3)

Tehát a Fourier transzformáltakat a G^1 vektorból így kapjuk:

$$G_0 = G_0^1$$

$$G_1 = G_2^1$$

$$G_2 = G_1^1$$

$$G_3 = G_3^1$$

A szabályok az általános esetben is hasonlóak, mint az előbbi egyszerű példánál. Tehát, ha $M = 2^k$, akkor a transzformáció k darab számítási lépésből és egy átrendezésből áll. Miden egyes lépés eredményét úgy kapjuk, hogy az előző lépés eredményének egyik elemét megszorozzuk egy w hatvánnyal, egy másikat pedig hozzáadunk. Az adatok indexei a teljes algoritmus alatt fontos szerepet játszanak. Ha az adatrendszer hossza $M = 2^k$, akkor az indexeket, melyek 0 -tól $M-1$ -ig mennek, k darab biten ábrázolhatjuk. Az általános szabályok a következőket mondják ki:

Ha $M = 2^k$, akkor a transzformáció k darab számítási lépésből és egy inverz bináris átrendezésből áll. Az m -edik számítási lépésben ($m = 1, 2, \dots, k$) az n indexű elemet a következőképpen kapjuk az $m-1$ -edik lépés eredményéből.

Mint már az előzőekben láttuk, az $m-1$ -edik lépés egy elemét meg kell szorozni valamilyen w hatvánnyal, és hozzá kell adni az $m-1$ -edik lépés egy másik elemét.

1. A w kitevőjét úgy kapjuk, hogy a binárisan ábrázolt n indexet $k-m$ hellyel jobbra toljuk úgy, hogy a megüresedő helyekre nullákat teszünk, a lecsorduló bitek pedig elvesznek. Ezután az így kapott számot a már ismertetett módszer szerint invertáljuk.

Ez a szám lesz az alkalmazandó w kitevője.

2. Az így kapott w hatvánnyal meg kell szorozni az $m-1$ -edik lépés eredményének azt az elemét, melynek indexe n , ha n bináris ábrázolásának m -edik bitjén egyes áll (a bitek számozását balról, egytől kell kezdeni). Ha

ezen a helyen nulla áll, a szorzandó indexét úgy kapjuk meg, hogy ezt a bitet egyesre változtatjuk.

3. Az előzőekben előállított szorzathoz hozzá kell adni az $m - 1$ -edik lépés eredményének azt az elemét, melynek indexe n , ha n bináris ábrázolásának m -edik bitjén nulla áll. Ha ezen a helyen egyes áll, a hozzáadandó elem indexét úgy kapjuk meg, hogy ezt a bitet nullára változtatjuk.

Alkalmazzuk ezeket a szabályokat $M = 4 = 2^2$ esetre! Az indexek: $00, 01, 10, 11$. Az első lépésben alkalmazandó w hatványok: $00, 00, 10, 10$. A szorzandó elemek indexei: $10, 11, 10, 11$.

A hozzáadandó elemek indexei: $00, 01, 00, 01$.

A második lépésben a w hatványok ($k - m = 0$, tehát nem kell az indexeket tolni, csak invertálni): $00, 10, 01, 11$.

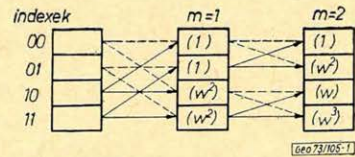
A szorzandók indexei: $01, 01, 11, 11$. A hozzáadandóké: $00, 00, 10, 10$.

Ezt mutatja az 1. ábra. A szorzást nyilak, az összeadást vonalak jelzik. A zárójelekben az alkalmazott szorzók láthatók.

1. ábra. Az FFT algoritmus alkalmazása négy-pontos adatrendszer transzformálására

Рис. 1. Применение алгоритма FFT для трансформации четырех-точечной системы данных

Abb. 1. Anwendung des FFT-Algorithmus zur Transformation eines Vierpunkt-Datensystemy



Az algoritmus alkalmazása jelentős időnyereséget jelent a hagyományos módszerrel szemben. Ha a Fourier transzformációt a hagyományos módszer szerint akarjuk végrehajtani, $M = 2^k$ adat esetén M^2 komplex szorzást kell végeznünk. Az FFT algoritmussal $2Mk$ komplex szorzással kapjuk meg az eredményt. A kettő aránya:

$$\frac{M^2}{2Mk} = \frac{2^{k-1}}{k}$$

Ez egy $2K - s$ adatrendszerre kb. 100-szoros időnyereséget jelent.

Igazi időnyereséget az FFT egységek alkalmazása jelent. Ezek speciális számítógépek, melyek a szorzást és az összeadást gyorsítva végzik el.

Különböző gyártmányú FFT egységek az algoritmust más-más úton hajtják végre a memóriakapacitás kihasználása, és a minél nagyobb időnyereség érdekében.

Tájékoztatásul közöljük az OKGT GKÜ-ben működő FFT egység működési idejét msec-ban.

1. táblázat – таблица – Tabelle

Működési idők msec-ban.

Az adatrendszer hossza	Működési mód		
	Fourier transzformálás	Inverz transzformálás	Szűrés
2 K	35	40	80
4 K	65	90	175
8 K	130	200	365

Az FFT-vel való számolás során több gyakorlati probléma vetődik fel. A problémák egy része abból adódik, hogy nem folytonos függvényekkel, hanem digitális adatrendszerekkel dolgozunk. A digitális adatrendszerek spektruma periodikus. Mivel a spektrumot is digitális formában állítjuk elő, az ezekből inverz Fourier transzformációval visszaállított adatrendszer is periodikus lesz. Egy periódus hossza időtartományban:

$$T = \frac{1}{\Delta f}$$

frekvenciatartományban:

$$F = \frac{1}{\Delta t}$$

ahol Δf a frekvenciatartománybeli, Δt az időtartománybeli mintavételi távolság.

Ha az adatrendszerünk helyesen volt mintavételezve, ez a periodikusság nem okoz problémát. A helyes mintavételezés ugyanis azt jelenti, hogy az adatrendszerrel ekvivalens folytonos függvény Fourier transzformáltja nem „lóg túl” a periódus határán. Pontosabban fogalmazva, akkor helyes a mintavételezés, ha a függvény transzformáltja egy f_H határfrekvencia felett zérus, és

$$f_H < \frac{F}{2} = \frac{1}{2\Delta t}$$

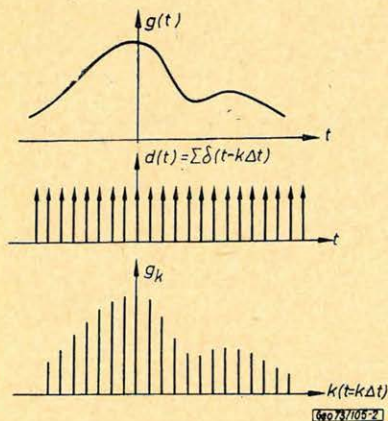
ugyanaz érvényes az inverz esetre is:

$$g(t) = 0, \text{ ha } t > t_H; \text{ és } t_H < \frac{1}{2\Delta f}$$

Ha a mintavételi törvény nem teljesül, a transzformáltakban torzulások lépnek fel.

Legyen az adatrendszerünk a $g(t)$ folytonos függvény mintavételezett formája. Ekkor az adatrendszer a $g(t)$ függvény, és egy olyan Dirac-delta sorozat szorzata, mely a mintavételi helyek kivételével mindenütt nulla (2. ábra).

Mivel az időtartománybeli szorzás frekvenciatartománybeli konvolúciónak felel meg, felel meg a g_k adatrendszer spektrumát úgy kapjuk, hogy konvolváljuk $g(t)$ Fourier transzformáltját $d(t)$ transzformáltjával.



2. ábra. Folytonos függvény mintavételezése Dirac-delta sorozat segítségével
 Рис. 2. Взятие выборки из непрерывной функции при помощи серии Дирах-дельта
 Abb. 2. Probeentnahme einer kontinuierlichen Funktion mit Hilfe einer Dirac-Delta-Serie

A $d(t)$ függvény spektruma szintén egy Dirac-delta sorozat:

$$D(f) = \frac{1}{\Delta t} \sum_{k=-\infty}^{\infty} \delta\left(f - \frac{k}{\Delta t}\right)$$

Tehát, ha $g(t)$ spektruma $G(f)$, akkor g_k spektruma:

$$G^*(f) = \frac{1}{\Delta t} \sum_{k=-\infty}^{\infty} G\left(f - \frac{k}{\Delta t}\right) \quad (5)$$

Ez látszik, hogy Δt szerint periodikus.

Másrészt viszont a $G^*(f)$ függvényt úgy kapjuk, hogy $G(f)$ -et egy-egy periódussal eltoljuk és összeadjuk.

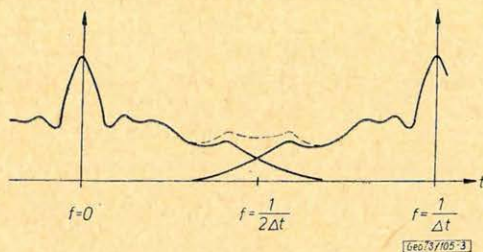
A periódus hossza a mintavételi távolságtól függ. Ha ezt rosszul választottuk, és az összeadandó $G(f) \neq 0$, ha $f > \frac{1}{2\Delta t}$, azaz $G(f)$ „kilóg” a periódusból, a kilógó részek összeadódnak és a spektrum eltorzul (3. ábra).

A következő példa ezt a torzulást illusztrálja (4. ábra). Legyen a transzformálandó függvény egy négyszögfüggvény. Ennek a Fourier transzformáltja egy sinus cardinális függvény. Az *a* ábrán négyszögfüggvény, *a*, *b* ábrán a függvény transzformáltjai láthatók, különböző mintavétel mellett.

3. ábra. A helytelen mintavételezés torzító hatása

Рис. 3. Искажающий эффект неправильного взятия выборок

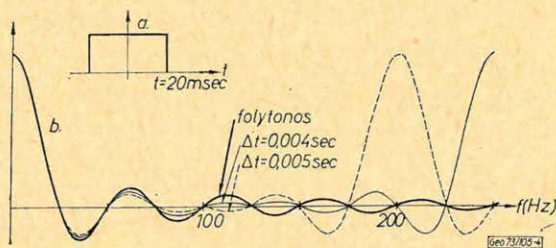
Abb. 3. Verzerreffekt einer unrichtigen Probeentnahme



4. ábra. Négyszögfüggvény Fourier transzformáltja, különböző mintavételezés esetén

Рис. 4. Трансформация Фурье прямоугольной функции при различных шагах выборок

Abb. 4. Fourier-Transformierte einer Viereck-Funktion im Falle verschiedener Probeentnahmen



Az előbbi négyszögfüggvény vizsgálata azért érdekes, mert tulajdonképpen soha nem tudunk úgy mintavételezni, hogy a mintavételi törvény teljesüljön, ugyanis nem tudunk megadni egy olyan nagy f_H felső határfrekvenciát, hogy

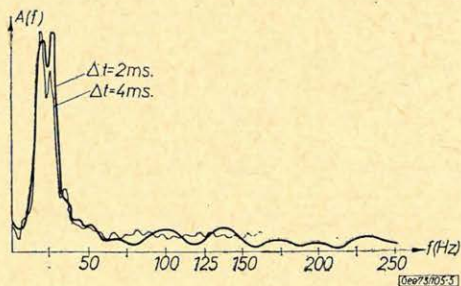
$$\sin c 2fT \equiv 0 \quad \text{legyen, ha } |f| > f_H$$

A valóságban is mindig ehhez hasonló esettel állunk szemben. Ilyenkor nem tudunk mást mondani, mint, hogy a $g(t)$ függvényt akkor mintavételeztük helyesen, ha $\Delta t < \frac{1}{2f_H}$, és $g(t)$ spektrumának abszolút értéke $|G(f)| < \varepsilon$, ha $|f| > f_H$, ahol ε egy elhanyagolhatóan kicsi érték.

Szeizmikus gyakorlatban a tapasztalatok szerint az így választott felső határferkvencia nem nagyobb, mint 250 Hz , ezért a $0,002\text{ sec}$ -os mintavételi távolság megfelelő.

Az információt hordozó hasznos jelek frekvenciája a $20\text{--}60\text{ Hz}$ -es tartományba esik. Ez a nagyobb, 4 , esetleg 8 msec -os mintavételt is lehetővé tenné. Az áttérés a 2 msec -os mintavételről nagyobbra nem lehet az adatok kihagyása, mert ez a mintavételi törvény megsértését jelentené, ami az (5) szerinti összeadódási jelenséget hozná létre.

Ilyenre mutat példát az 5. ábra.



5. ábra. A helytelen adatrítítás hatása egy szeizmikus csatorna amplitudénspektrumára

Рис. 5. Влияние неправильного разрежения данных на амплитудный спектр сейсмического канала

Abb. 5. Einfluss einer unrichtigen Datenverdünnung an das Amplitudenspektrum eines seismischen Kanals

Ha például egy 2 msec -os mintavétellel digitalizált adatrendszerből minden második adatot kihagyunk, az eredetiben 200 Hz -es zaj az újban úgy jelentkezik, mintha 50 Hz -es lenne. Ezért a ritkítást úgy kell végrehajtani, hogy először egy felülvágó szűrővel a kritikus frekvenciákat eltávolítjuk. Ez az eltávolítás természetesen történhet analóg szűrőkkel is, még a felvétel készítésekor. Felhasználhatjuk az FFT egységet is az előbbieken leírt ritkításra, de sűrítésre is. Az OGKT GKÜ-ben üzemelő FFT egység $2K$ -s, $4K$ -s és $8K$ -s adatrendszerrel tud dolgozni. A frekvenciaskálát mindig úgy választja meg, hogy a teljes $f = 0 - f_{\text{Nyquist}}$ intervallumot kitöltse. Ezért egy ritkítási műveletet a következőképpen hajthatunk végre: a ritkítandó csatornát először (a csatornahossztól függően $4K$ vagy $8K$ üzemmódban) Fourier transzformáljuk. Ezután fele akkora adathosszban ($2K$ vagy $4K$ üzemmódban) inverz Fourier transzformáljuk. Tegyük fel, hogy 2 msec -os mintavételű volt az eredeti csatornánk.

Ekkor a spektrumot $0 - 250\text{ Hz}$ -ig állítja elő az FFT. Amikor fele akkora adathosszra transzformálunk vissza, akkor tulajdonképpen kiszűrjük a 125 Hz feletti spektrum tartományt. Mivel a 125 Hz -es Nyquist frekvenciához 4 msec -os időtartománybeli mintavételi távolság tartozik, az eredményünk már a fele olyan hosszú kiritkított adatrendszer lesz.

Hasonló eljárást követhetünk az adatrendszerek sűrítésekor. Ilyenkor az adatrendszer Fourier transzformálása után a spektrumot kiegészítjük nullákkal, még egyszer olyan hosszúra. Ezután ezt a kétszeres hosszúságúra kiegészített adatrendszert transzformáljuk vissza.

Ha a bemenetünk 2 msec -os mintavételezésű volt, a spektrumot $0 - 250\text{ Hz}$ -ig kapjuk meg. Ezt kiegészítjük 500 Hz -ig nullákkal, ezért az inverz transzformáció után 1 msec -os lesz az időbeli mintavételi távolság. Mivel frekvenciatartományban egy négyszögablakot alkalmaztunk, ez az eljárás a sinus cardinálisos interpolációnak felel meg.

Kétváltozós Fourier transzformáció

Az FFT egység-sel segítségével kétváltozós Fourier transzformáció is végrehajtható. Egy kétváltozós $g(x, y)$ függvény Fourier transzformáltja:

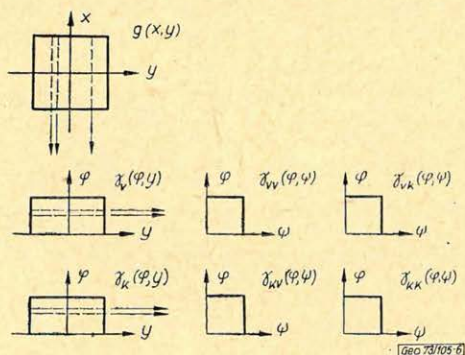
$$G(\varphi, \psi) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} g(x, y) e^{-j 2\pi(\varphi x + \psi y)} dx dy$$

Jelöljük az x szerinti Fourier transzformáltakat $F_x\{\dots\}$ -szel, az y szerinti $F_y\{\dots\}$ -nal.

Ekkor:

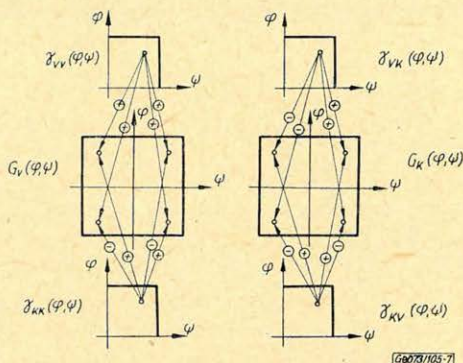
$$G(\varphi, \psi) = F_y\{F_x[g(x, y)]\}$$

Így felbontva a művelet az FFT egységgel végrehajtható. Maga a transzformálásra fordított idő viszonylag rövid (az OKGT GKÜ FFT egységén egy $2K$ -szor $2K$ -s adatrendszer transzformációs ideje kb. 2,5 perc), de ehhez hozzá kell adni az adatmozgatások idejét, ami a használt perifériáktól függően az előbbinek sokszorososa lehet. A 6. és 7. ábra egy $g(x, y)$ függvény kétváltozós Fourier transzformációjának megvalósítását mutatja.



6. ábra. Kétváltozós Fourier transzformáció megvalósítása két lépésben

Рис. 6. Осуществление трансформации Фурье с двумя переменными в два приема
Abb. 6. Verwirklichung einer zweiveränderlichen Fourier-Transformation in zwei Schritten



7. ábra. Kétváltozós Fourier transzformált való és képzetes részének előállítás

Рис. 7. Формирование действительной и мнимой частей трансформанта Фурье
Abb. 7. Realisation des reellen und imaginären Teiles einer zweiveränderlichen-Fourier-Transformierten

Először konstans y -ok mellett az x változó szerint transzformáltunk, ebből egy $\gamma_v(\varphi, y)$ való és egy $\gamma_k(\varphi, y)$ képzetes adatrendszert kapunk.

Ezeket tovább transzformálva az y változó szerint, kapjuk a γ_{vv} , γ_{vk} , γ_{kv} , γ_{kk} adatrendszereket. (A v index a való, a k a képzetes részre utal.)

Ebből a négy adatrendszerből a 7. ábra szerint állíthatjuk elő a $g(x, y)$ függvény Fourier transzformáltjának $G_v(\varphi, \psi)$ való és $G_k(\varphi, \psi)$ képzetes részét, úgy, hogy az egyes elemeket a bekarikázott előjelekkel összeadjuk.

IRODALOM

Meskó A.: Digitális Szeizmika Alapjai, Egyetemi jegyzet, 1971.

Ron Bracewell: The Fourier Transform and Its Applications, Mc Graw-Hill Electrical and Electronic Engineering Series, 1965.

Természetes radioizotópok alkalmazása a felszínalatti vizek kutatásában

DEÁK JÓZSEF

A dolgozat a természetes radioizotópok felszínalatti hidrológiában történő alkalmazásával foglalkozik.

Ismerteti a C-14 kormeghatározás elméletét. Két koradat alapján a Mátraalján az Alföld felé irányuló, 0,6 m/sec átlagos sebességű vízáramlást valószínűsít a felső pannon rétegekben.

Trícium- és deuterium-adatok alapján vizsgálja a Nagyikunság területén a talaj- és rétegvizek közötti kapcsolatot. A H-3 analízisből levont következtetései:

- a rétegvizek nem kapnak jelentős mennyiségű talajvíz utánpótlást,
- a talajvizek tríciumtartalma a fedőréteg anyagától függően a homokos talajoktól, a löszön keresztül, az agyagig csökken
- a löszös területek talajvizeinek kis tríciumtartalma (50–60 TU) a kapilláris tározódás alapján képzelhető el.

Megállapítja, hogy a Nagyikunság talajvizei utánpótlásukat elsősorban a ncsapadék vízből nyerik. Ezt alátámasztják a deuterium-elemzési eredmények is.

A Tiszához keveredő mélységi víz mennyiségére – H-3 adatok alapján – $18 \pm 13 \text{ m}^3/\text{sec}$ adódott a Leninváros – Algyő közötti mintegy 300 km-es szakaszra.

Ez az érték azonban pontosabban is meghatározható a műszerparaméterek kimérése, vagy kisebb vízhozamok esetén vett minták elemzése útján.

В работе рассматривается вопрос о применении естественных радиоизотопов в подземной гидрологии.

Описывается теория определения возраста по C-14. По данным двух определений выявляется вероятность наличия потока воды в районе Матраалья в направлении к Большой низменности со скоростью 0,6 м/год в верхнепаннонских пластах.

По данным трития и дейтерия изучаются связи между грунтовыми и пластовыми водами для района Надькуншаг. По анализу H-3 делаются следующие выводы:

- пластовые воды не получают значительного притока грунтовых вод;
- содержание трития в грунтовых водах изменяется в зависимости от вещественного состава покровной толщи; так концентрация H-3 в грунтовых водах уменьшается от песчаных грунтов через лёсс до глин;
- низкое содержание трития в грунтовых водах в лёссовых участках (50–60 ТИ) может быть связано с капиллярностью.

Проведенные исследования позволяют делать заключение о том, что в районе Надькуншаг грунтовые воды пополняются главным образом за счет атмосферных осадков. Это подтверждается и результатами анализа по дейтерию.

Количество глубинных вод, смешивающихся с водой реки Тиссы было определено по данным анализа по H-3 равным $18 \pm 13 \text{ м}^3/\text{сек}$ для участка между гг. Ленинварош и Альдэ длиной 300 км.

Однако, указанная величина может быть уточнена при учете параметров аппаратуры или путем анализа образцов, взятых при меньших дебитах воды.

Verfasser befasst sich mit dem Anwendung der natürlichen Isotope in der Hydrologie der tieferen Schichten.

Zuerst wird die Theorie der Altersbestimmung mittels C-14 erörtert. Auf Grund von zwei Altersdaten wird das Vorhandensein einer Wasserströmung mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 0,6 m/Jahr in den oberen pannonischen Schichten plausibel gemacht, wobei die Strömung im Matraerland gegen die grosse Tiefebene gerichtet ist.

Dann wird auf Grund von Tritium- und Deuterium-Daten der Zusammenhang zwischen den Grundwassern und Schichtenwassern im Gebiet der Nagyikunság untersucht. Aus der H-3-Analyse können folgende Folgerungen gezogen werden:

- die Schichtengewässer erhalten keinen wesentlichen Nachschub aus dem Grundwasser,
- der Tritium-Gehalt der Grundwasser in Abhängigkeit vom Material der Deckschicht nimmt von jenen der Sandschichten über den Löss hindurch bis zum Ton ab,

– der niedrigere Tritium-Gehalt der Grundwässer der Löss-Gebiete (50–60 TU) kann auf Grund der kapillaren Speicherung vorgestellt werden.

Es wird festgestellt, dass die Grundwässer der Nagykszáság ihren Nachschub zu allererst aus dem Niederschlagwasser erhalten.

Dies wird auch durch die Analysen-Resultate nahegelegt. Die Menge des sich mit dem Theiss-Wasser vermengenden Tiefwasser ergab sich – auf Grund der H-3 – Daten – zu $-18 \pm 13 \text{ m}^3/\text{sec}$ auf der Strecke von etwa 300 m Länge zwischen Leninváros – Algyő. Dieser Wert kann aber genauer festgestellt werden durch die Ausmessung der Instrumentenparameter oder auf Grund der Analyse von geringeren Wassererträgen.

A felszínalatti vizek kutatásában alkalmazott radioizotópokat célszerű két csoportba osztani. Az egyik csoportba a felszínalatti vizek korának meghatározására szolgáló radioizotópok, míg a másikba a természetes radioaktív nyomjelzők tartoznak. Dolgozatunkban mindkét alkalmazási módj elméletét ismertetjük és néhány gyakorlati példát hozunk fel hazai alkalmazásukra.

I. A felszínalatti vizek korának meghatározása

A felszínalatti vizek korának – azaz a vizek felszín alá kerülése óta eltelt időnek – ismerete számos hidrológiai problémára adhat választ. Segítségével meghatározható a felszínalatti vizek áramlásának iránya és sebessége, az egyes víztartó szintek vizeinek keveredése, elegendő adat birtokában egy-egy terület felszínalatti vizeinek eredete és utánpótlása.

Mivel a felszínalatti vizek kora – néhány kivételtől eltekintve – a geológiai koroknál lényegesen kisebb, a klasszikus kormeghatározási módszerek (urán-ólom, ólom-ólom, kálium-argon, rubidium-stroncium stb.) nem alkalmazhatók. Másrészt a vizek a felszín alá kerülés pillanatában még nem tartalmazák az említett radioizotópokat, így azok fajlagos aktivitása a vizsgált vizekben nem elsősorban a felszín alatt töltött időre, hanem a tárolóközet radioizotóp koncentrációjára lesz jellemző. A felszínalatti vizek korát kozmogén izotópok segítségével határozzuk meg, amelyek a kozmikus sugárzás hatására folyamatosan keletkeznek a Föld felső légkörében. Az 1. táblázatban ismertetjük a hidrológiai szempontból legfontosabb kozmogén izotópok alapvető magfizikai adatait.

1. táblázat – таблица – Tabelle

Izotóp neve	Bomlás módja	Felezési idő	Kibocsátott sugárzás maximális energiája
H-3	β	12,26 év	18 keV
C-14	β	5700 év	155 keV
Si-32	β	700 év	100 keV
Cl-36	β	$2,6 \times 10^5$ év	714 keV
Be-10	β	$2,7 \times 10^6$ év	556 keV

A H-3 (trícium) kis felezési ideje és a jelenlegi legérzékenyebb műszerek alsó érzékenységi határai alapján maximálisan 50 éves kor meghatározására alkalmazható. A VITUKI-ban működő MODEL 3375 TRI-CARB PACKARD folyadék-szcintillációs spektrométer-rendszer alsó érzékenységi határa trícium-mérésekre egy-két nagyságrenddel nagyobb, mint a proporcionális gázszámlálóké, így hazánkban jelenleg kormeghatározást trícium segítségével nem tudunk végezni.

A szilícium-32 segítségével 100–2000 év közötti kor határozható meg. Alkalmazását megnehezíti, hogy rendkívül kis koncentrációban van jelen a vizekben. A világon csupán néhány laboratóriumban folynak kísérletek a Si-32 kormeghatározási célra történő felhasználására.

A C-36 és Be-10, 10^5 – 10^6 nagyságrendű kor meghatározására alkalmas. A nukleáris mérés technika jelenlegi fejlettsége mellett még nem alkalmazhatók, de néhány év múlva hasznos információkat adhatnak a mélységi vizek és kőolajok eredetéről és felszín alatti mozgásáról.

A felszín alatti vizek korának meghatározására jelenleg legalkalmasabb kozmogén izotop a C-14 (radiocarbon), amellyel 2000–70000 éves korok határozhatóak meg.

1.1. A radiocarbon kormeghatározás elmélete

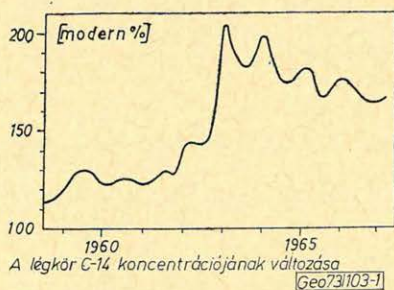
A felszín alatti vizek hidrokarbonát és oldott széndioxid alakjában tartalmazzák a szenet. E komponensek a szinte minden talajban jelenlevő mészkőnek a CO_2 hatására történő oldódása útján kerülnek a vizekbe:



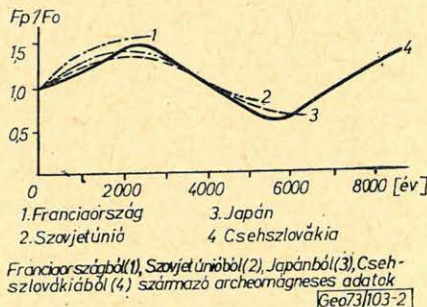
A friss csapadék CO_2 -koncentrációja kicsi (*max 6 mg/l*), az oldáshoz szükséges széndioxid a talaj biológiailag aktív rétegeiben keletkezik, gyökérlégzés és az elhalt növényi szövetek bomlása során. Az (1) képlet alapján a beszivárgó vizek a felszín alá kerülés idején fennállt légköri C-14-aktivitás 50%-ával rendelkeznek. Recens talajvizet vizsgálva azt tapasztalták, hogy ez az érték – a talajban levő levegő CO_2 -jával történő izotópcseré miatt – Közép-Európában $85 \pm 5\%$ [1]. A kiindulási C-14-koncentráció megadásához ismernünk kell a légkör (vagy ami azzal egyenlő, a növények) fajlagos radiocarbon-aktivitását az utóbbi 70 000, de legalábbis az utóbbi 10 000 évben. A légkör (és vele együtt a növények) radiocarbon-koncentrációja három ok következtében változhat:

- a kozmikus sugárzás fluxusának változása,
- a SUESS effektus (az utóbbi 200–300 évben az inaktív szenek és kőolajok eltüzelése következtében a légkör fajlagos C-14-aktivitása lecsökkent)
- a termonukleáris kísérletek és az atomreaktorok működése következtében az utóbbi 20 évben nőtt a légkör C-14-tartalma és a robbantások időpontjától függően változó értéket mutat (1. ábra).

Utóbbi két hatás majd csak néhány ezer év múlva okoz problémát a radiocarbon-kormeghatározásban. A földi mágneses tér intenzitásának változása



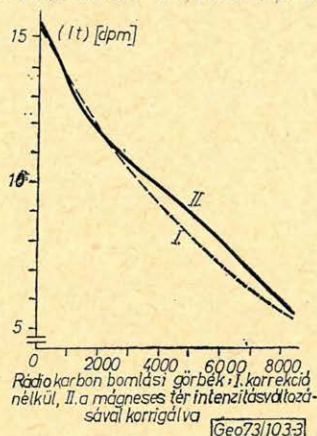
1. ábra – puc. – Abb.



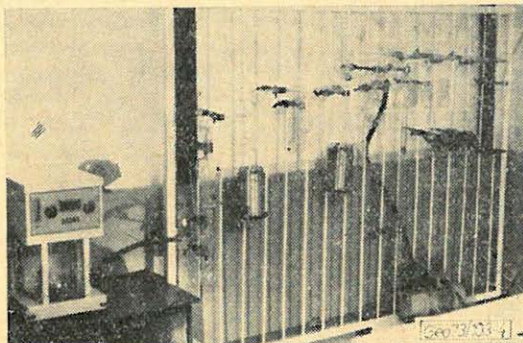
2. ábra – puc. – Abb.

(2. ábra) felhasználásával korrekciós görbét készítettek ismert korú minták jelenlegi $C-14$ -koncentrációja alapján [2]. A 3. ábrán látható, hogy a korrekció nélküli bomlási görbe (I) és a korrigált görbe (II) között nincs lényeges eltérés, így első közelítésben a léghő $C-14$ -tartalmát időben állandónak tekinthetjük.

Inaktív mélyégi CO_2 hozzákeveredése meghamisítja a koradatokat. Korrekcióba vételére még nincs használható módszer, így jelenleg azokon a területeken, ahol jelentős mennyiségű széndioxid-feláramlás tapasztalható, nem célszerű $C-14$ -kormeghatározást végezni. Másik zavaró tényező a mészkő tárolóközzel történő izotópesere. *VOGEL* és *EHHALT* [1] $C-13$ -elemzések alapján arra a következtetésre jutott, hogy a mészkővel történő izotópcsere elhanyagolható, így a felszínalatti vizek fajlagos radiokarbon aktivitása csak a radioaktív bomlás következtében csökken.



3. ábra - puc. - Abb.



4. ábra - puc. - Abb.

I.2. A radiokarbon kormeghatározás gyakorlati végrehajtása

Egy felszínalatti vízminta korának megállapítása gyakorlatilag a minta jelenlegi fajlagos $C-14$ -aktivitásának meghatározását jelenti. Ez három lépésben történik.

a) *Mintavétel*: az oldott hidrokarbonátot és a szabad széndioxidot – friss léghő CO_2 kizárása mellett – baritlég segítségével kicsapjuk a vízből.

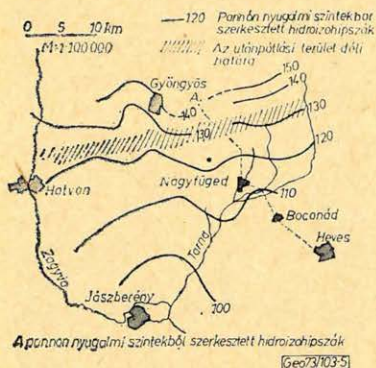
b) *Mintaelőkészítés*: a VITUKI-ban levő MODEL 3375 TRI-CARB PACKARD gyártmányú folyadékszintillációs spektrométerrel benzol alakban fogjuk a $C-14$ elemzéseket elvégezni. A vizekből kicsapott $BaCO_3$ -ot fémbáriummal keverve és izzítva BaC_2 -ot kapunk. A báriumkarbidra vizet csepegtetünk, a felszabaduló acetilént (C_2H_2) perikatalizátor segítségével benzollá (C_6H_6) trimerizáljuk. A tahitótfalusi kísérleti telepünkön működő benzol szintetizáló berendezést mutatja be a 4. ábra.

c) *Mérés*: proporcionális gázszámlálóval, etán, vagy folyadékszintillációs spektrométerrel benzol alakban történik. Külföldi szakirodalom alapján [3, 4] e kétfajta mérési módszerrel közel azonos pontosságú és megbízhatóságú eredményeket lehet elérni.

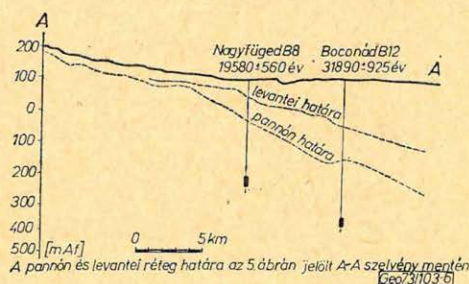
Jelenleg a benzol-szintézis elvégzésénél tartunk. A műszer-paraméterek pontos kimérését – standard minták alapján – ez év végére, az első ismeretlen korú vízminták $C-14$ koncentrációjának meghatározását 1974-re tervezzük.

I.3. Rétegvíz-áramlás sebességének meghatározása a Mátraalján

Az első hazai víz-kormeghatározásokat egy hidrológiailag feltárt területen végeztük. A Gyöngyöstől délre fekvő terület pannon rétegvizeinek nyugalmi szintjéből szerkesztett hidroizohipszák [5] a Mátra-aljától az Alföld felé történő felszínalatti vízáramlást mutatnak (5. ábra). Ennek az áramlásnak a sebességét vizsgáltuk a Nagyfüged B8 és a Boconád B12 jelű kútból vett vízminták korának meghatározása segítségével. Mindkét kút felső pannon rétegvizet csapal meg (6. ábra).



5. ábra - puc. - Abb.



6. ábra - puc. - Abb.

A C-14 méréseket Hannoverben Dr. GEYH professzor végezte el a Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung C-14 és H-3 laboratóriumában. A koradatok igazolták az áramlás feltételezett irányát, mivel a Mátrához közelebb fekvő nagyfügedi kút vizének kora ($19\,580 \pm 560$ év) kisebb, mint a boconádié ($31\,890 \pm 925$ év). A két mintavételi hely közötti mintegy 7 km-es szakaszon a pannon rétegek vizének átlagos áramlási sebessége $0,6$ m/év. A hidroizohipszák alapján a két mintavételi hely közötti piezometrikus nyomaskülönbség 6 m/ n_0 értékére $0,1$ -et felvéve és a Darcy törvényt alkalmazva, a Boconád és Nagyfüged közötti területen a pannon rétegek átlagos k -tényezője 2×10^{-6} m/sec, a radiokarbon koradatok alapján. (A szemeloszlási görbék-ből számolt k -tényezők a pannon rétegekre $10^{-4} - 10^{-6}$ m/sec nagyságrendbe esnek.)

Két adat alapján nem lehet következtetéseket levonni egy módszer alkalmazhatóságáról, de az első eredmények azt mutatják, hogy egy nagyobb területre jellemző regionális áramlási sebesség jól meghatározható radiokarbon koradatok alapján. Ennek elsősorban a hidrogeológiai fel nem tárt területeken van nagy jelentősége.

II. Természetes radioaktív nyomjelzők

A felszínalatti vizek kutatásában alkalmazott legfontosabb radioaktív nyomjelző a hidrogén hármasszámú izotópjá, a trícium ($H-3$). A tríciumot két tulajdonsága avatja a vizek ideális nyomjelzőjévé:

- a HTO és H_2O molekulák kémiaiilag azonosak, így a trícium-tartalmú víz nem különül el az inaktív víztől, (ami a radioaktív jódal történő nyomjelzésnél komoly probléma, mivel a jód abszorbeálódik a talajban).

- 1954 óta a termonukleáris kísérletek és az atomreaktorok működése következtében a csapadékvizek trícium-tartalma ugrásszerűen megnőtt, így

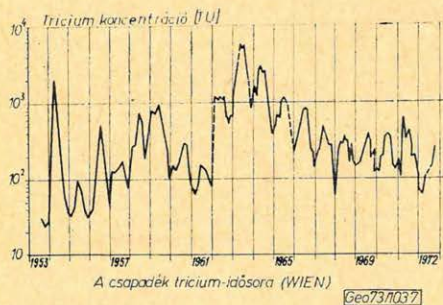
a $H-3$ koncentráció alapján elkülöníthetők a húsz évnél fiatalabb, ill. idősebb csapadékból származó vizek. A természetes vizek fajlagos trícium aktivitása néhány picocurie/liter, ezért célszerű volt egy új mértékegységet, az ún. Trícium Egységet ($TU = \text{Tritium Unit}$) bevezetni a $H-3$ mérésére. Definíció szerint $1 TU 10^{18} H-1/H-3$ arányt jelent, azaz egy TU -s az a minta, amelyben 10^{18} hidrogén atomra jut egy trícium atom. ($1 TU = 7,2 \text{ dpm/liter} = 3,2 \times 10^{-12} \text{ curie/liter}$ fajlagos aktivitásának felel meg.)

A mesterséges nyomjelzéseken kívül három olyan folyamatot ismerünk, amelynek során trícium kerülhet a vizekbe [6]:

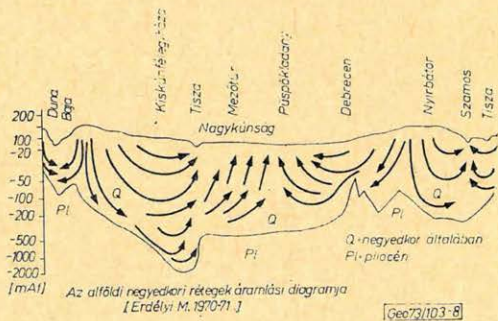
- a kozmikus sugárzás hatására, a Föld felső légkörében keletkező $H-3$ oxidálódva, HTO alakban, csapadék formájában jut le a hidroszférába,

- a litoszférában is képződik trícium, a természetes bomlási sorok elemeinek sugárzása, és a kőzetmátrix (α, n) reakciója során keletkező termikus neutronok és a kőzetekben nyomokban jelenlevő $Li-6$ (n, α) reakciója következtében. Ennek sebessége azonban két nagyságrenddel kisebb, mint a kozmikus sugárzás hatására történő $H-3$ termelésé.

- Az utóbbi húsz évben a termonukleáris kísérletek és az atomreaktorok tríciummal szennyezték a légkört. 1954 előtt a csapadék $H-3$ koncentrációja $5-10 TU$ volt, azóta a legváltozatosabb TU -tartalmakat mutatta. A maximumot 1963-ban érte el (7. ábra), amikor is a szibériai termonukleáris robbantás következtében a normál szintnek közel ezerszeresére emelkedett. 1963–67 között nem történt felszíni atomrobbantás, ebben az időben exponenciális csökkenés figyelhető meg. 1967 után a kínai és francia magaslégköri robbantások ismét növelték a légkör, és vele együtt a csapadék trícium-tartalmát.



7. ábra – puc. – Abb.



8. ábra – puc. – Abb.

II.1. Trícium alkalmazása a Nagykunságban a talajvíz és a rétegvíz közötti kapcsolat kimutatására

A Nagykunság egyes területein 20–30 év óta emelkedő talajvízállást észlelnek [7], és – egyes feltételezések szerint – ezt az emelkedést mélységi víz feláramlása okozza. ERDÉLYI M. a különböző rétegek piezometrikus nyomásszintje alapján megszerkesztette az „Alföld áramlási diagramját” amely a Nagykunság területén a felfelé történő vízáramlás lehetőségét mutatja (8. ábra) [8].

Kutatásunk fő célja annak kimutatása volt – trícium-analízisek segítségével – hogy a Nagykunság területén a talajvizek kapnak-e jelentős mennyiségű utánpótlást a mélységi vizekből. A tríciumos vizsgálat alapja a csapadék $H-3$ koncentrációjának az utóbbi húsz évben történt ugrásszerű emelkedés volt. A mélységi vizek több, mint húsz évvel ezelőtt (ez a „több mint húsz év” akár

több tízezer évet is jelenthet) kerültek felszín alá, így trícium-tartalmuk zérus. A talajvizek $H-3$ koncentrációja $50-500 TU$, így azokon a területeken, ahol mélységi víz feláramlása okozza a talajvízszint-emelkedést, a talajvíz fajlagos trícium aktivitása lecsökken. Ellenkező irányú függőleges vízáramlás esetén a mélységi vizek mutatnak zérustól különböző trícium-tartalmat.

A Nagykunság területén egyenletes eloszlásban 15 helyet jelöltünk ki, ahonnan rendszeresen mintát vettünk a legfelső rétegvízet megcsapoló kútból és az annak közelében levő, működő gazdasági talajvíz kútból (9. ábra). A trícium-adatok alapján e kétfajta víz közötti keveredést vizsgáltuk.

a) *A talajvíz mélységi vízhez keveredésének vizsgálata*

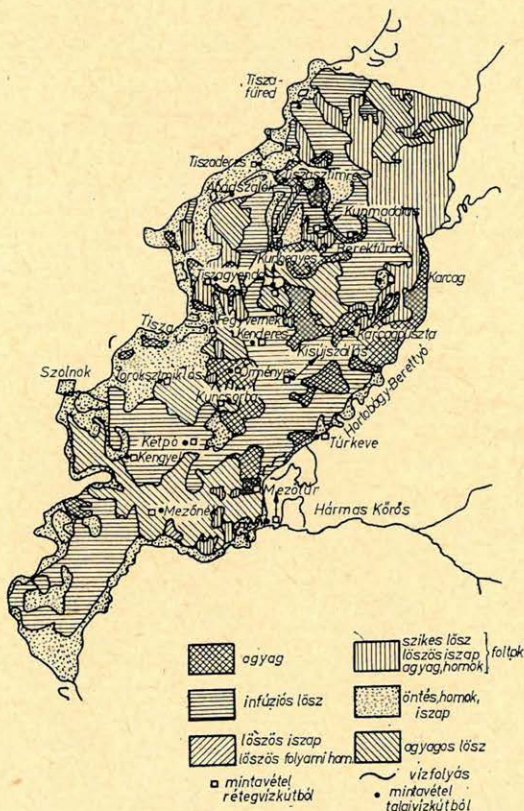
Valamennyi felszínközeli (maximálisan $100 m$ szűrőzésű) rétegvíz-kútból vett minta trícium-tartalma a műszer alsó érzékenységi határa ($15 TU$) alatti érték volt. A kis trícium tartalmakat kétféleképpen lehet hidrológiailag értelmezni:

– a mélységi vízhez keveredő talajvíz mennyisége elhanyagolható,

– lehetséges nagyobb mértékű talajvíz lefelé-áramlás, de ez olyan lassú, hogy az 1954 után hullott csapadékvíz még nem érte el a rétegvizet.

b) *A talajvízhez történő mélységi-víz-hozzákeveredés vizsgálata*

A talajvízből vett minták trícium-tartalmának (10. ábra) időbeli és térbeli változását vizsgálva azt tapasztaltuk, hogy hibahatáron túli változás csak elvétve fordul elő az azonos kútból vett minták esetében. Ebben valószínűleg közrejátszott az, hogy a mintavételek megkezdése után kb. 7–8 hónapon keresztül jóformán semmi csapadék nem hullott a területre.



Rendszeres mintavételi helyek a Nagykunság területén

Geo73/103-9

9. ábra – puc. – Abb.

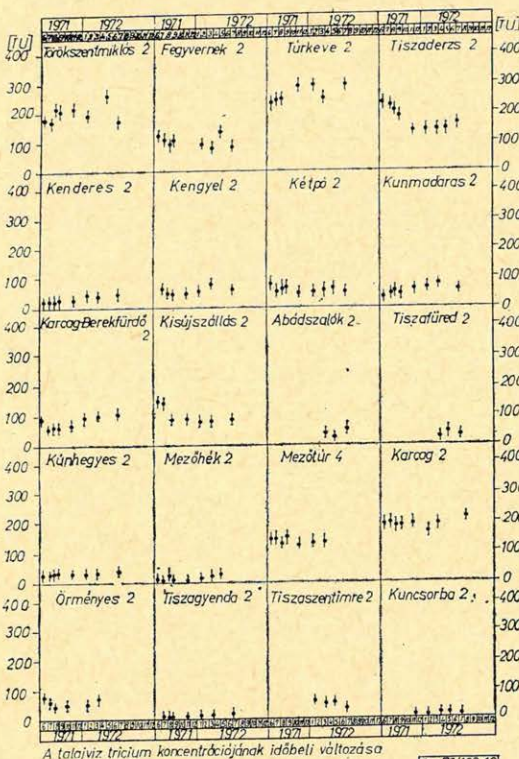
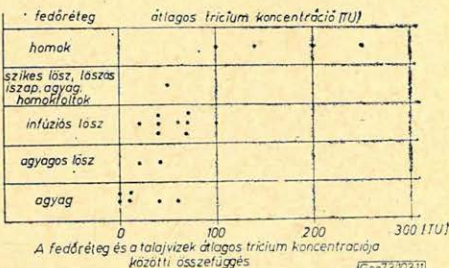
A térbeli változás – meglepő módon – széles intervallumot ölelt fel, háttértől $300 TU$ -ig. Amennyiben alacsony és magas trícium-tartalmú összefüggő területeket el tudnánk különíteni, úgy a kis trícium-tartalmú területeken valószínűsíthető lehetne a mélységi víz feláramlását. Ilyen területek az adatok alapján nem határolhatók körül, mivel közvetlenül egymás mellett kis és nagy trícium-tartalmú pontok is előfordulnak. Az egy-egy mintavételi helyre kiszámolt átlagos trícium-tartalmak nagy eltérése megmagyarázható a fedőréteg különbözőségével. A MIKE K. által szerkesztett, felszíni képződményeket ábrázoló térképre [9] felrajzolva a mintavételi helyeket, láthatjuk, hogy határo-

zott összefüggés van a fedőréteg és a talajvíz trícium-tartalma között (11. ábra). A trícium-elemzések alapján a következő összefüggések állapíthatók meg:

1. a homokos fedőrétegű területeken a talajvíz trícium-tartalma nagy (100–200 TU),
2. löszös területeken ennél kisebb (átlagosan 50–60 TU),
3. agyagos lösznél a löszben mért értéknél is kisebb (30–40 TU),

4. agyagos fedőrétegű területeken a legkisebb (20 TU körüli érték).

A fedőréteg és a talajvíz trícium-tartalma közötti összefüggés bizonyítása érdekében újabb mintákat vettünk különböző fedőrétegű területekről (12. ábra). A mintegy 40 vízminta trícium-elemzési eredményei alátámasztották elképzéseinket el a talajvíz trícium-tartalma és a fedőréteg anyagi minősége közötti összefüggésről (13. ábra).



10. ábra – puc. – Abb.

11. ábra – puc. – Abb.

Ez az összefüggés homok- és agyagtalajok esetén hidrológiailag a klasszikus beszivárgási elmélettel magyarázható. Homoktalajokon keresztül a frissen lehullott csapadékvíz viszonylag gyorsan eljut a talajvíztesthez, tehát homokos fedőréteg esetében a talajvíz nagy mennyiségű friss – tehát nagy trícium-tartalmú – csapadékvíz – utánpótlást kap. Az agyagtalaj – amely vízzáró rétegnek tekinthető – megakadályozza nagy mennyiségű friss csapadékvíz gyors beszivárgását, így az agyagos fedőréteg alatt levő talajvíz tömegének nagy része idős, tríciumra nézve inaktív vízből áll.

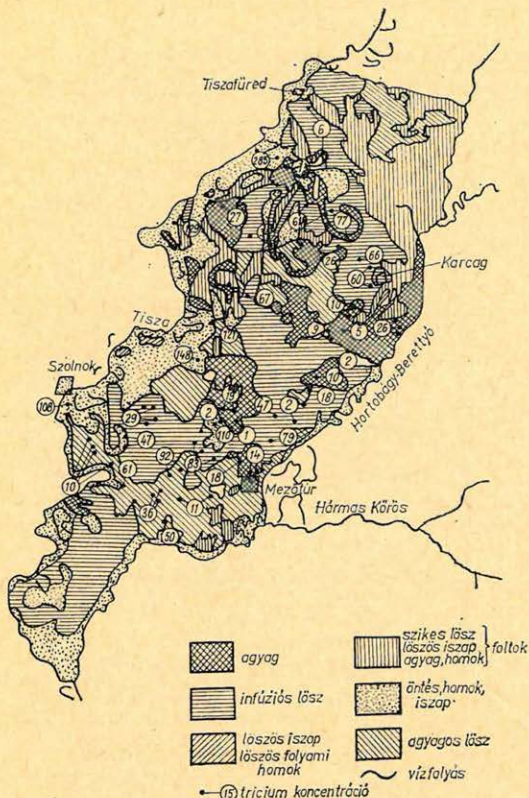
A löszös fedőréteg esetében mért kis trícium-tartalom a klasszikus beszivárgási elmélettel nem magyarázható, ugyanis e szerint löszös fedőréteg esetében is, a homokhoz hasonlóan, nagy trícium-tartalmakat kellene kapnunk. A MAJOR P. által kidolgozott [10] kapilláris emelkedési elmélet alapján magyarázható a löszös területek talajvízeinek 60–70 TU-s trícium-tartalma. Az elmélet lényege, hogy a frissen lehullott csapadékvíz tényleges hozzászivárgás nélkül is megemelheti a talajvíz szintjét. Ez a megemelés úgy történik,

fedőréteg	trícium tartalom [TU]		
homok
infúziós lösz	•	•••••	
agyagos lösz	•	•••••	
agyag	•••••	.	
	0	100	200 [TU]

A fedőréteg és a talajvíz trícium-tartalma közötti összefüggés az 1972 VIII. 29-31 között vett minták alapján

Geo73/103-13

13. ábra - puc. - Abb.



H-3 mintavétel különböző fedőrétegű területekről

Geo73/103-12

12. ábra - puc. - Abb.

	$\delta D [‰]$					
	-110	-100	-90	-80	-70	-60 -50 -40
talajvíz						•••••
10-100 m						•••••
100-500 m						•••••
500-1000 m						•••••
TISZA						•••••

Nagykunsági felszínalatti vizek és a Tisza deutérium-koncentrációja

Geo73/103-14

14. ábra - puc. - Abb.

hogy a friss csapadék a talaj kapillaris zónáját kitöltő vizet visszanyomja. Az evapotranspiráció következtében a friss csapadékvíz nagy része elpárolog, a kapillaris járatok ismét a kis trícium-tartalmú talajvíztestből töltődnek fel. Így elképzelhető, hogy a friss csapadék több éves, esetleg több tízéves kapillarisban való tartózkodás után, a radioaktív bomlás miatt lecsökkent trícium-tartalommal jut a talajvíztestbe. Tehát löszös talajok esetében is alátámasztható elméletileg az a tapasztalati tény, hogy a fedőréteg anyagi minősége szabja meg a talajvíz trícium-tartalmát azáltal, hogy befolyásolja a beszivárgó friss csapadékvíz mennyiségét.

A talajvíz trícium-tartalma a beszivárgó csapadék mennyiségének függvénye, tehát a csapadéknak jelentős szerepe van a talajvíz utánpótlódásának biztosításában.

Triticium-mérési eredményeink alapján nem tekinthetjük kizártnak a mélyégi víz feláramlását a Nagykovács területén, de annyit megállapíthatunk, hogy a vizsgált terület talajvízei utánpótlódásukat elsősorban csapadékvízből kapják. Jelentős mennyiségű mélyégi víz feláramlásának az is ellentmond, hogy a mintegy féléves, szinte csapadékmentes periódus során a gazdasági talajvízkutak vizében nem tapasztaltunk monoton trícium-tartalom-csökkenést.

A Nagykovács területén különböző mélységű rétegvízutakból és talajvízből vett minták deutérium-koncentrációja alapján is megvizsgáltuk e mélyégi vizek és a talajvíz közötti kapcsolatot. A rétegvizek deutérium-koncentrá-

ciója a mélységgel kis mértékben nő, míg a talajvíz közel megegyezik a csapadék éves átlagával ($60-70\%$) (14. ábra). Ez a tény, valamint a legfelső, pleisztocén rétegvizek átlagos δ_0 értéke (-80%) és a talajvíz deutérium-tartalma (-63%) közötti nagy eltérés szinte kizárta teszi jelentős mennyiségű mélységi víz feláramlását és talajvízhez keveredését.

Mind a trícium, mind a deutérium elemzési adatok alapján megállapítottuk, hogy a Nagykság területén a talajvizek nem kapnak jelentős mennyiségű mélységi víz utánpótlást.

II.2. A Tiszához keveredő mélységi víz mennyiségének vizsgálata trícium segítségével

A II.1. fejezetben sikerült trícium-analízisek segítségével bizonyítani, hogy a Nagykság területén nem számolhatunk jelentős mennyiségű mélységi víz hozzááramlásával. Elképzelhető, hogy a Mátra és Bükk irányából áramló mélységi vizek nem érik el a Nagykság területét, hanem a Tiszához keveredve annak alapvízhozamát adják. E feltételezésünk bebizonyítása érdekében vízmintákat vettünk a Tiszából és mellékfolyóiból és azok trícium-elemzése alapján próbáltuk megbecsülni a Tiszához keveredő mélységi víz mennyiségét. Két különböző ponton vett minta trícium-koncentrációja (T_A és T_B) között az alábbi összefüggés áll fenn (amennyiben a két pont közötti párolgástól, vízkivételtől, és felszíni, ill. talajvíz hozzáfolyástól eltekintünk):

$$T_A \cdot Q_A + T_m \cdot Q_m = T_B(Q_A + Q_m) \quad (5)$$

ahol

Q_A a vízhozam az A pontban,

Q_m az A és B pontok között hozzáfolyt mélységi víz hozama,

T_m a mélységi víz trícium-tartalma.

Mivel $T_m = 0$, az (5) egyenlet a következőképpen módosul:

$$Q_m = Q_A \frac{T_A - T_B}{T_B} \quad (6)$$

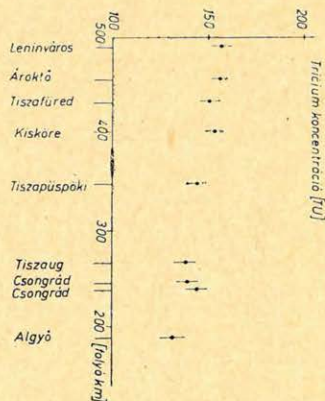
Amennyiben Q_A ismert, a hozzákeveredő mélységi víz hozama trícium-adatok alapján számítható.

Az így meghatározott Q_m mélységi vízhozam abszolút hibája

$$\Delta Q_m = Q_A \cdot T_A/T_B (\delta T_A + \delta T_B) \quad (7)$$

ahol δT_A , ill. δT_B a tríciumos mérések relatív hibája.

A Polgártól délre eső szakaszon a Tiszához keveredő talajvíz mennyisége elhanyagolható; a pontpárokat úgy választottuk meg, hogy közöttük jelentős hozamú mellékfolyó ne legyen, így az 5. képlet alkalmazható. Mivel a Q_m/Q_A hányados Q_A legkisebb értékeinél lesz nagy, ezért a mintavételt kisvízi hozamnál végeztük. Az első alkalommal (1972. III. 27-31. között: Polgárdinál $230 \text{ m}^3/\text{sec}$ vízhozamnál) vett minták $H-3$ koncentrációja hibahatáron belül ($\delta T = 10\%$) megegyezett (2. táblázat). 1973. II. 1-2-án, ki-



A Tisza $H-3$ koncentrációjának változása Leninváros és Algyó között

Geo73/103/5

15. ábra - puc. - Abb.

használva az alacsony vízállást (Polgárnál $110 \text{ m}^3/\text{sec}$ volt a vízhozam), megismertük a mintavételt. Időközben a műszer-paraméterek pontosabb kimérése alapján a mérési hibahatár lecsökkent 100 TU feletti mintákra $\pm 5\%$ -ra. Az újabb trícium-eredmények a Tisza szelvényében Leninvárostól Kisköréig szinte végig monoton csökkenést mutatnak (15. ábra), amely egyértelműen kis $H\text{-}3$ koncentrációjú víz hozzákeveredését jelzi. Mivel a trícium-értékek nem térnek el egymástól lényegesen, a Leninváros – Algyő közötti teljes szakaszra végeztük el a számítást. A Zagyva hozama a vizsgált időszakban kicsi ($3,4 \text{ m}^3/\text{sec}$) volt, a Körösök vizének $H\text{-}3$ -koncentrációja jó egyezést mutatott a Tiszáéval (131, ill. 130 TU), így a felszíni hozzáfolyásokat nem kellett figyelembe venni.

2. táblázat – таблица – Tabelle

Mintavétel helye	Folyó	Trícium-tartalom
Tizsaszederkény	Tisza	$165 \pm 17 \text{ TU}$
Ároktó	Tisza	$176 \pm 18 \text{ TU}$
Tizsadorogma	Tisza	$168 \pm 17 \text{ TU}$
Sarud	Kis-Tisza	$79 \pm 16 \text{ TU}$
Kisköre	Tisza	$183 \pm 18 \text{ TU}$
Tizsaptüspöki	Tisza	$172 \pm 17 \text{ TU}$
Szolnok	Zagyva	$82 \pm 16 \text{ TU}$
Rákócziújfalu	Tisza	$177 \pm 18 \text{ TU}$
Nagyrev	Tisza	$181 \pm 18 \text{ TU}$
Csongrád	Tisza	$206 \pm 21 \text{ TU}$
Magyartés	Körös	$159 \pm 16 \text{ TU}$
Algyő	Tisza	$172 \pm 17 \text{ TU}$

A trícium-adatok alapján számított mélységivíz-hozam a Leninváros – Algyő szakaszon:

$$Q_m = 110 \cdot \frac{156 - 130}{130} = 18 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$\Delta Q_m = 110 \cdot \frac{156}{130} (0,05 + 0,05) = 13 \text{ m}^3/\text{sec}$$

Tehát a Leninváros – Algyő közötti mintegy 300 km hosszúságú szakaszon a Tiszához szivárgó mélységi víz hozama minimálisan $5 \text{ m}^3/\text{sec}$, maximálisan $31 \text{ m}^3/\text{sec}$, a legvalószínűbb értéke $18 \text{ m}^3/\text{sec}$. Ennél pontosabb eredmény csak kisebb vízhozamok (maximálisan $80 - 100 \text{ m}^3/\text{sec}$) esetén vett minták alapján, vagy a $H\text{-}3$ analízisek hibájának csökkentésével érhető el. A VITUKI-ban működő folyadékszintillációs számlálóval ez csak dupla dúsítással, vagy a műszer-paraméterek pontosabb kimérésevel érhető el. Proporcionális gázszámolóval végzett trícium-elemzések hibája lényegesen kisebb ($\pm 1 - 2\%$) [11]; ilyen műszerrel jelenleg még nem rendelkezünk.

IRODALOM

- [1] *Radioisotopes in hydrology*: Proceedings of the Symposium on the Application of Radioisotopes in Hydrology, Tokyo, 1963.
- [2] V. Bucha – E. Neustuphy: Changes of the Earth's Magnetic Field and Radiocarbon Dating Nature, Vol. 215, July 15, 1967.

- [3] *J. E. Noakes – A. F. Isbell – J. J. Stipp – D. W. Hood*: Benzene synthesis by low temperature catalysis for radiocarbon dating, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 27. 1963.
- [4] *J. E. Noakes – S. Kim – L. Akers*: Recent improvements in benzene chemistry for radiocarbon dating, *Geochimica et Cosmochimica Acta* 31. 1967.
- [5] *Liebe P.*: A Mátra-Bükkaljai rétegvíz-megfigyelő kúthálózat átvételével kapcsolatos műszaki feladatok. VITUKI jelentés 1972.
- [6] *S. Kaufman – W. F. Libby*: The Natural Distribution of Tritium, *Physical Review*, 93. 6. 1954.
- [7] *Major P.*: A Tiszántúl egyes területein előállt magasabb talajvízállás okainak vizsgálata. VITUKI szakvélemény 1969.
- [8] *G. Kovács – M. Erdélyi – P. Major – K. Korim*: Hydrological investigation of subsurface water, International post-graduate course of hydrological methods for developing water resources management, VITUKI, 1972.
- [9] *A Tisza*: Monográfia VITUKI kiadvány, 1970.
- [10] *Major P.*: A beszivárgás és a talajvízpárolgás meghatározása homokos fedőrétegekre, ezek kapilláris feszültségállapota alapján, Előadás a VITUKI Tudományos Napokon, 1972.
- [11] *T. Florkowski – B. R. Payne – G. Sauzay*: Interlaboratory Comparison of Analysis of Tritium in Natural Waters, *International Journal of Applied Radiation and Isotopes*, 21. 1970.

MAGYAR GEOFIZIKA XIV. ÉVF. 5 – 6. SZÁM

Lapszemle

Fizikai Szemle XXIII. évf. 5. szám, 1973. május

Hédervári Péter: A Mars felszíne a legújabb vizsgálatok szerint, 139 – 142. old.

Fizikai Szemle XXIII. évf. 7. szám, 1973. július

Yasumori Fujii: A nem-newtoni gravitáció lehetőségeiről, 197 – 199. old. Angol eredetiből fordította: Szemerédy Pál.

Tünczer Tibor: A szél fizikája, 200 – 203. old.

T. G.

A porozitás, a permeabilitás és a maradék víztelítettség viszonyának vizsgálata homokkő tárolóban

FERENCZY LÁSZLÓ

A mélyfúrású geofizikai szelvények interpretációjában lényeges szerepet kapnak a fúrású magokon mért közetfizikai paraméterek vizsgálatai. Egy-egy tárolóra, tárolószakaszra a magadatok analízisével olyan összefüggések nyerhetők, melyek segítségével a geofizikai szelvények alapján a rétegek produktivitására közelítő adatokat kaphatunk.

При интерпретации каротажных кривых результаты определения физических параметров буровых кернов имеют большое значение. Анализ кернов приводит к выявлению для различных коллекторов или частей месторождений соотношений, при помощи которых, по каротажным кривым, можно судить о продуктивности пластов.

Bei der Interpretation der geophysikalischen Bohrlochprofile kommt den Untersuchungen der an Bohrlochkernen gemessenen gesteinsphysikalischen Parameter eine wesentliche Rolle zu. Durch die Analyse der Kerndaten kann man für einen Speicher oder für einen Abschnitt desselben solche Zusammenhänge erhalten, mit deren Hilfe auf Grund der geophysikalischen Profile für die Produktivität der Schichten approximative Angaben gewonnen werden können.

Bevezetés

A porozitás, a permeabilitás és a maradék (redukálhatatlan) víz-szaturáció a kőolajtárolók kiértékelésénél rendszeresen használt paraméterek. Meghatározásuk kétféle módon történhet: magmintákon laboratóriumi és in situ mérésekkel. Az in situ információk zömét a mélyfúrású geofizikai szelvények szolgáltatják. A tanulmány a fenti paraméterek közötti viszony vizsgálatával foglalkozik és regressziós analízissel meghatározott empirikus formulát ad meg a permeabilitás közelítésére.

A vizsgálatához az ortaházi fúrásokból vett 149 magmintán laboratóriumi mérésekkel meghatározott adatokat használtam fel.

A közetfizikai paraméterek között fennálló kapcsolatok

Mint ismeretes, a víztől nedvesedő kőzetek felületét vékony vízhártya burkolja. Minél kisebb szemekből tevődik össze a kőzetváz, annál több víz tapad hozzá. A kőzetszemek érintkezési pontjainál a vízburok gyűrűket képez, mely hasonlóan a felülethez tapadó vízhez, és a kisebb kapillárisokban levő vízhez, mozgásképtelen. Ez a redukálhatatlan víz (S_{wr}). Ha a víztelítettség $S_w = S_{wr}$, a tároló csak szénhidrogént termelhet.

A karottázs-szelvényekből nyert fajlagos ellenállásértékek segítségével S_w meghatározható (tapadó + mozgásképes víz). A teljes víztelítettség azonban nem ad feleletet arra, hogy a rétegből víz vagy szénhidrogén jön-e? Ha $S_w > S_{wr}$ akkor részleges vagy teljes víztermelésre számíthatunk.

S_{wr} értékét szelvényekből általában nem kapjuk meg. Meghatározása az ún. kapilláris nyomásgörbék segítségével történik. Ha a redukálhatatlan víztelítettséget nem ismerjük, a szelvényekből kapott teljes víztelítettség alapján

a tároló várható termelvényére vonatkozó előrejelzés bizonytalan. Jelenleg a mélyfúrási geofizikai eredmények jelentősége abban van, hogy kimutatják a szénhidrogének jelenlétét. Lényeges szerepet kapnak a geofizikai szelvények interpretációjában a magokból nyert adatok. Egy-egy szénhidrogén-tároló magadatainak részletes vizsgálatával szorosan illeszkedő empirikus összefüggések nyerhetők.

Számos összefüggést vezettek le a petrofizikai tulajdonságok kapcsolatára. Az egyik legelterjedtebben használt összefüggést a permeabilitás meghatározására Blake állította fel először, majd később az előbbi szerzőtől függetlenül Kozeny vezette le, mely Kozeny [1] egyenlet néven vált ismertté:

$$K = A_1 \frac{\Phi^3}{S^2}, \quad (1)$$

ahol K : a permeabilitás mD -ban, Φ : a porozitás térfogatszázalékban, S : a fajlagos felület cm^2/cm^3 -ben, A_1 empirikus konstans. Az (1) egyenlet kifejezhető mint:

$$K = A_1 \frac{\Phi^3}{(1 - \Phi^2) S_0^2}, \quad (2)$$

ahol S_0 a fajlagos felület a szilárd anyag térfogatszázalékában,

$$K = A_1 \frac{\Phi}{S_p^2}, \quad (3)$$

ahol S_p a fajlagos felület a pórustér térfogatszázalékában.

Megfigyelhető bizonyos esetekben, hogy a permeabilitás a porozitásnak és/vagy a maradék víztelítettségnek a függvénye. Ez kifejezhető mint:

$$K = B_2 \exp(-B_1 \Phi), \quad (4)$$

és mint:

$$K = B_4 \exp(-B_3 S_{wr}), \quad (5)$$

ahol B_1, B_2, B_3, B_4 empirikus konstansok.

A kapillárisnyomás-görbéket veszik figyelembe némelyik porózus közeg alapvető jellegének leírására. Leverett [2] felállított egy összefüggést a kapilláris nyomás, a porozitás, a permeabilitás, a határfelületi feszültség, az illeszkedési szög és a „Leverett funkció” között. Tixier [2] is empirikus formulát használt, melyben kifejezte, hogy a permeabilitás négyzetgyöke fordítottan arányos a kapilláris nyomással. A permeabilitást az ellenállás gradienseiből becsülte. Purcell (2) egyenletében a permeabilitást a porozitás, a kapilláris nyomás és a litológiai faktor segítségével determinálta.

A fenti munkákra hivatkozva megállapítható, hogy a kapilláris nyomás, ill. a fajlagos felület függ a porozitástól és a permeabilitástól. Wyllie és Rose [3] feltételezték, hogy a maradék víztelítettség lineáris kapcsolatban van a S_p -vel és a következőt kapták:

$$S_{wr} = C_1 \frac{\Phi}{K^{0.5}} + C_2, \quad (6)$$

ahol C_1 és C_2 konstansok. A Schlumberger társaság kutatói olajos homokköveken végzett vizsgálatok eredményeként a (6) egyenlet következő módosítását javasolták:

$$K = 6,25 \cdot 10^{-4} \frac{\Phi^6}{S_{wr}^2} \quad (7)$$

Rendszerint ezt az egyenletet használják a homokkő-tárolók permeabilitásának becslésére.

Az utóbbi időben Timur [3] hasonló összefüggést vezetett le, mely szerint:

$$K = 0,136 \frac{\Phi^{4,4}}{S_{wr}^2} \quad (8)$$

Ezek az összefüggések elméletileg megalapozottak és kölcsönösen kiindulópontul szolgálnak a különböző empirikus formulákhoz, melyek a porózus struktúra megközelítését foglalják magukban.

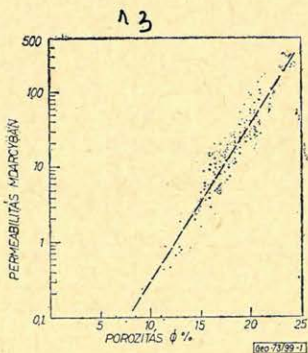
Felírhatunk egy általánosított egyenletet:

$$K = A \frac{\Phi^B}{S_{wr}^C} \quad (9)$$

ahol A , B , C konstansok statisztikusan meghatározhatók.

A magadatok vizsgálata

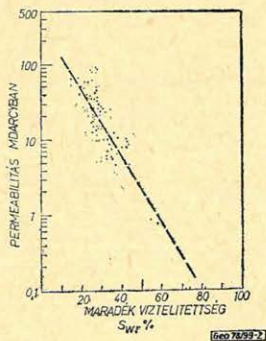
A vizsgálathoz 9 kútból vett 149 magminta adata állt rendelkezésemre. A magokat az ortaházi szénhidrogén-tároló homokkő szakaszaiból nyerték, melyek mélysége 1530–1875 m között volt. A magok általában gyengén osztályozott, meszes kötőanyagú, csillámos, helyenként agyagos, néhol gyengén konszolidált homokkövek voltak. A mintákon a következő méréseket végezték el: porozitás, vízszintes és függőleges irányú permeabilitás, higanyos kapilláris nyomásgörbe, karbonáttartalom, szemcseeloszlás, olaj- és víztartalom. A számításhoz közvetlenül csak a porozitás- és a vízszintes permeabilitás-adatokat használtam fel. A maradék víztelítettséget általában a petróleum-víz rendszerben felvett kapillárisnyomás-görbékből és a relatív permeabilitásokból szokták számítani. Ilyen adatok nem álltak rendelkezésemre. Így White és Marchant [4] módszerét alkalmaztam az S_{wr} -számításhoz. Ők feltételezték,



1. ábra: $\log K$ és Φ összefüggése

Рис. 1. Зависимость $\log K$ от Φ

Abb. 1. Zusammenhang von $\log K$ und Φ



2. ábra: $\log K$ és S_{wr} összefüggése

Рис. 2. Зависимость $\log K$ от S_{wr}

Abb. 2. Zusammenhang von $\log K$ und S_{wr}

hogy a higany-elárasztás megfelelően tükrözi a kiszorított fázis viselkedését. Vizsgálatukban bebizonyították, hogy a 20 atm kapilláris nyomásnál vett higany-telítettség nagyon jól közelíti S_{wr} -t.

Először az 1. és 2. ábrán féllogaritmikusan ábrázoltam a $\log K$ és a Φ , ill. a $\log K$ és a S_{wr} értékeket. Az ábrázolást a (4) és (5) egyenletek felhasználásával végeztem, mégpedig úgy, hogy lineáris formára redukáltam azokat mindkét oldal logaritmizálásával:

$$\log K = a_1 u + a_2 \quad (10)$$

ahol az u paraméter a Φ vagy S_{wr} .

Korreláció-számítással meghatároztam a $\log K$ és az u paraméterek közötti korrelációs együtthatót (r), majd a legkisebb négyzetek módszerével a regressziós egyenes a_1 és a_2 együtthatóit, valamint a $\log K$ közelítés hibáját (s_y). A kiszámított értékeket az 1. táblázat tartalmazza. Az 1. ábrából látható, hogy meglepően jó, lineáris kapcsolat van $\log K$ és Φ között. Tehát valamilyen megbízható, jól kalibrált geofizikai szondával (neutron-gamma, szónikus) mért porozitás-értékekből a permeabilitás jól becsülhető. A maradék víztelítettség azonban nagy hibával számítható, amit a 2. ábrán feltüntetett pontok nagy szórása is mutat.

1. táblázat - таблица - Tabelle

Egyenlet	Paraméter u	Regr. együttható		Korrelációs együttható	Beclsés hibája
		$-a_1$	a_2		
4	Φ	0,20	-2,58	0,93	0,2644
5	S_{wr}	-0,04	2,27	-0,79	0,4267

A második fejezetben említett összefüggések mindegyike a permeabilitást a Φ és S_{wr} valamilyen hatványával írja le. Tehát célszerű lenne megvizsgálni a Φ és S_{wr} kombinációiból becsülhető permeabilitásokat. Egy általánosított egyenletet lehet bevezetni:

$$K = b_2(v)^{b_1} \quad (11)$$

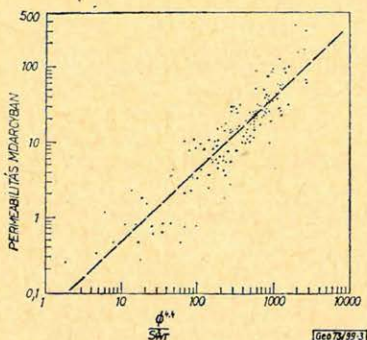
ahol b_1 , b_2 empirikus konstans és v a Φ és S_{wr} különböző kombinációja, mint az (1), (3), (7), (8) egyenletekben. A (11) egyenlet lineáris formában a következő alakra hozható:

$$\log K = b_1 \log v + \log b_2 \quad (12)$$

Ismét a legkisebb négyzetek módszerét alkalmaztam az adatok elemzéséhez. Kiszámítottam a v paraméter értékek mindegyikére a b_1 és b_2 regressziós együtthatókat, az r korrelációs együtthatót, valamint a beclsés hibáját (s_y). Az így meghatározott adatokat a 2. táblázatban foglaltam össze.

A $v = \frac{\Phi^6}{S_{wr}^2}$ paraméter tekinthető a legjobb közelítésnek, mivel a legmaga-

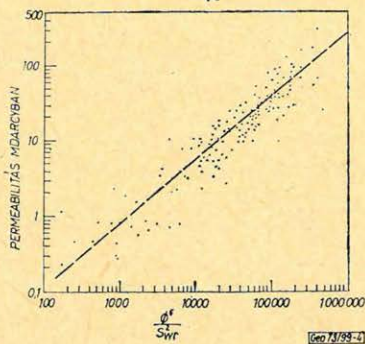
sabb korrelációs együtthatót és a legkisebb hibát mutatja, bár a $v = \frac{\Phi^{4,4}}{S_{wr}^2}$ paraméter is hasonló közelítést ad. A 3. és 4. ábrán a permeabilitást mindkét említett paraméter függvényében ábrázoltam. A regressziós egyenest a szagatott vonal jelzi.



3. ábra: $\log K$ és $\frac{\Phi^{4,4}}{S_{wr}^2}$ összefüggése

Рис. 3. Зависимость $\log K$ от $\frac{\Phi^{4,4}}{S_{wr}^2}$

Abb. 3. Zusammenhang von $\log K$ und $\frac{\Phi^{4,4}}{S_{wr}^2}$



4. ábra: $\log K$ és $\frac{\Phi^6}{S_{wr}^2}$ összefüggése

Рис. 4. Зависимость $\log K$ от $\frac{\Phi^6}{S_{wr}^2}$

Abb. 4. Zusammenhang von $\log K$ und $\frac{\Phi^6}{S_{wr}^2}$

Mindkét esetben feltűnik, hogy a permeabilitás alacsony értékeinél a pontok nagyon szórnak, ami azt jelenti, hogy a permeabilitás becslése ezen intervallumban nagyon pontatlan.

2. táblázat – мабула – Tabelle

Egyenlet	Paraméter v	Regr. együttható		Korrelációs együttható	Becslés
		b ₁	b ₂		
3	$\frac{\Phi}{S_{wr}^2}$	1,52	3,7124	0,85	0,3668
1	$\frac{\Phi^3}{S_{wr}^2}$	1,13	0,2409	0,91	0,2864
8	$\frac{\Phi^{4,4}}{S_{wr}^2}$	0,94	-1,2574	0,925	0,2698
7	$\frac{\Phi^6}{S_{wr}^2}$	0,79	-2,4332	0,93	0,2598

A 2. táblázatban látható értékek alapján a közelítő permeabilitás értékét a következő képlettel számolhatjuk:

$$K = 3,6 \times 10^{-3} \left(\frac{\Phi^6}{S_{wr}^2} \right)^{0,8} \quad (13)$$

Azonban kissé fenntartással kell fogadnunk a fenti összefüggést, mivel a porozitás a hatodik hatványon szerepel. Így a porozitás-meghatározás kis hibája már nagyon eltorzíthatja a végeredményt. Ezért a

$$K = 5,5 \times 10^{-2} \left(\frac{\Phi^{4,4}}{S_{wr}^2} \right)^{0,9} \quad (14)$$

összefüggés pontatlanabb porozitás-meghatározás esetében feltétlenül jobb permeabilitás-becslést ad.

- [1] *Carman, P. C.*: Flow of Gases Through Porous Media (New York, 1956.)
 [2] *Amyx, J. W.* — *Bass, D. M.* — *Whiting, R. L.*: Petroleum Reservoir Engineering (New York, 1960.)
 [3] *Timur, A.*: An Investigation of Permeability, Porosity and Residual Water Saturation Relationships for Sandstone Reservoirs (The Log Analyst, vol. 9, no. 4. 1968.)
 [4] *White, E. J.* — *Marchant, L. C.*: Reservoir Rock Characteristics of the Madison Limestone in the Villiston Basin (The Log Analyst, vol 11. no. 5. 1970.)
-

MAGYAR GEOFIZIKA XIV. ÉVF. 5–6. SZÁM

Lapszemle

Magyar Tudomány, LXXX. — XVIII. 7–8. sz. 1973. július – augusztus

Barta Gy.: Az űrkitatás időszerű problémái, 477–483. old.

Beszámoló az űrkitatás mai állásáról a következő alfejezetekkel:

Az űrkitatás nemzetközi szervezete

A kutatások főiránya

Az űrkitatás szerepe a Föld megismerésében

Magyarország részvétele az űrkitatásban.

A cikket – külön melléklet-lapon – 6 ábra egészíti ki.

T. G.

Az árapály-súrlódás szerepe a Hold termikus történetében

BODRI BERTALÁN

Az előadás röviden ismerteti a Hold termikus történetének vizsgálatában az új holdfizikai kutatási eredmények interpretálása során előállt néhány problémát. Valószínű, hogy korai magmatikus differenciálódáshoz vezető termikus történeti variáns leginkább a Hold kezdeti közepes hőmérsékletének jelentős megnövelésével alakítható ki. Amint a számítások megmutatták, a Hold történetének korai szakaszában ilyen felmelegedés forrásként az égitest belsejében dagálysúrlódás miatt hővé átalakuló energiamennyiség szolgálhatott.

В настоящей работе дается краткое описание проблем, связанных с интерпретацией результатов расчетов по термической истории Луны. Делается вывод о том, что одним из наиболее вероятных путей изменения термической истории Луны является значительное повышение ее средней начальной температуры. Как показали расчеты, источником энергии для повышения средней начальной температуры могла послужить приливная диссипация энергии системы Земля – Луна, на ранней стадии эволюции этой системы.

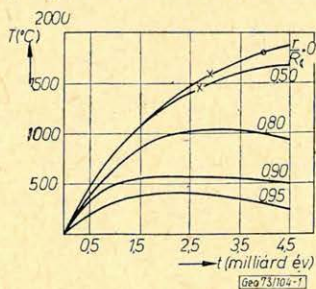
Es werden einige Probleme erörtert, welche sich im Laufe einer Interpretation der neueren Ergebnisse der mondphysikalischen Untersuchungen ergeben. Es ist wahrscheinlich, dass die geschichtliche Variante, die zu einer frühen magmatischen Differenzialisierung führt, kann durch eine bedeutende Erhöhung der anfänglichen Mitteltemperatur des Mondes herangeführt werden. Wie die Berechnungen zeigen, als Quelle einer solchen Temperaturhöhung in einer so frühen Periode der Entwicklungsgeschichte des Mondes könnte die infolge der im Inneren des Himmelskörpers einsetzenden Flutwellenreibung entstehende Energiemenge gedient haben.

A holdfizikai kutatásoknak egyik legfontosabb tárgyköre a holdanyag jelenlegi és régebbi időpontokra vonatkozó hőmérsékletének, hőállapotának, vagyis az égitest termikus történetének vizsgálata. A Hold belsejének hőmérséklet-eloszlása valamely időpontban meghatározható a hővezetés differenciálegyenletének megoldásával, az egyenletben szereplő paraméterek meghatározott értékeire, adott kezdeti és határfeltételek esetén. A legutóbbi időkig a Hold hőállapotának vizsgálatában komoly nehézséget jelentett a hővezetési elmélet módszereinek alkalmazhatósága, mivel hiányoztak a Hold felszíni hőáramának megbízható mérési eredményei és hasonlóképpen nem rendelkezünk a holdkőzetek fizikai tulajdonságait jellemző mérési adatokkal, amelyek ismerete nélkül alig van mód a Hold mélyében végbemenő fázisátmenetekkel és kémiai folyamatokkal együttjáró hőeffektusok becslésére. Jelenleg sincs a Hold kialakulásáról egységesen elfogadott kozmogóniai elmélet, amely egyértelműen meghatározná a hőtörténetben fontos szerepet játszó kezdeti feltételeket.

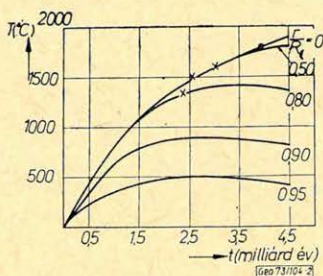
A fenti okok miatt H. C. Urey (1957, 1959, 1960, 1962), G. J. MacDonald (1961, 1962), B. J. Levin (1963), P. E. Fricker (1967), J. Iriyama, Y. Shimazu (1967) és mások hőtörténeti számításaiban a hővezetés differenciálegyenletében szereplő paraméterek értékei, és így természetesen a számítások eredményei is egymástól ismert mértékben eltérnek.

Az 1. és 2. ábrán a H. C. Urey által (1962) számított hőmérséklet-eloszlás látható kezdetben „hideg” Hold esetén. Az első variánsban az χ hődiffúzitás értéke $0,01$, a második esetén $\chi = 0,005$ CGS. Az ábrák görbéin a részleges olvadás kezdetét keresztetik, a teljes olvadáshoz szükséges hőmérsékletet körök

jelzik, továbbá R_0 – a Hold sugara és r – a Hold adott pontjának a középponttól mért távolsága. Az ábrákról leolvasható, hogy a hődiffúzitás mindkét értékénél a részleges olvadás különböző mélységben, de körülbelül egy időben, a Hold kialakulásától eltelt 2,5 milliárd év múlva kezdődik. Az említett szerzők számos vizsgálatának eredményei az egymás közötti kisebb-nagyobb eltérések ellenére megegyeztek abban, hogy a holdanyag részleges olvadása és ezzel együtt a magmatikus differenciálódás az égitest kialakulása után 2,0–2,5 milliárd év elteltével kezdődött meg. Mivel a Hold kora 4,5–4,6 milliárd év és a kőzetek kialakulása a magmatikus differenciálódással kezdődik, általánosan elfogadottá vált az a feltételezés, hogy a holdkőzetek kora legfeljebb 2,5 milliárd év.



1. ábra – puc. – Abb.



2. ábra – puc. – Abb.

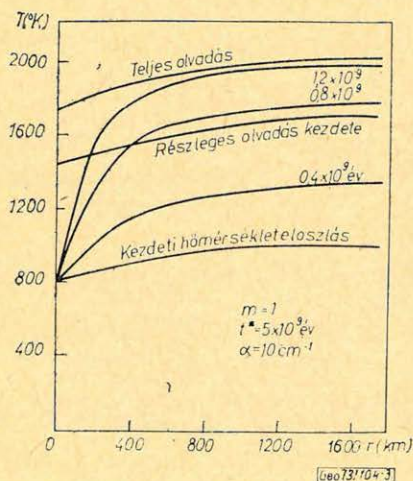
Az utóbbi években lehetőség nyílt a hővezetési egyenletben szereplő paraméterek egy részének közvetlen mérésére, s e mérések olyan meglepő eredményeket adtak, hogy szükségessé vált a régebbi hőtörténeti számítások felülvizsgálása.

Az Apollo – 15 Hold-expedíció mérései tanalizálva M. E. Langseth et al. (1971) a Hold felszíni hőáramára $33 \text{ erg/cm}^2 \cdot \text{s}$ értéket kaptak, ami kb. 25%-kal több, mint a régebben elfogadott érték. D. A. Papanastassiou, G. I. Wasserburg (1970), és A. L. Albee et al. (1970) az Apollo – 11 és Apollo – 12 bazalt- és talaj-mintáinak kormeghatározása során megállapították, hogy azok kora 1,5–2 milliárd évvel több, mint az a korábbi hőtörténeti variánsok alapján várható volt.

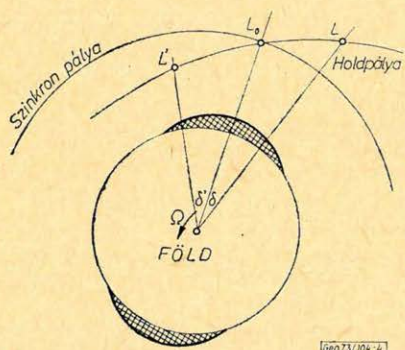
A termikus történet új vizsgálataiban [Sz. V. Majeve (1970), T. C. Hanks, D. L. Anderson (1972), Toksöz et al. (1972)] a szerzők lehetőség szerint maxímálisan figyelembe veszik a holdbelsőben végbemenő bonyolult folyamatokat (pl. a molekuláris hővezetés hőmérséklet- és nyomásfüggése, sugárzási hővezetés, konvekciós hővezetés, radioaktív elemeknek a felszín felé történő feláramlása stb.), de az alkalmazott kezdeti és határfeltételek esetén így sem sikerült korai (4,0–3,7 milliárd évvel ezelőtt kezdődő) differenciálódáshoz vezető termikus történeti modellt kialakítani.

Kozmogóniai szempontok és különböző holdfizikai vizsgálatok eredményeinek figyelembevétele arra a következtetésre vezet, hogy a Hold termikus történetéről alkotott elképzelésünk alapvető megváltoztatásának legvalószínűbb módja az égitest kezdeti hőmérsékletének jelentős megnövelése. Majeve (1964) szerint a Hold kezdeti közepes hőmérsékletét $500 \text{ }^\circ\text{K}$ -kal megemelve a holdbelső részleges olvadása az égitest kialakulása után 0,8–1,2 milliárd év múlva elkezdődik (3. ábra). Ilyen felmelegedés forrásaként egy eddig még figyelembe nem vett mechanizmus, a dagálýsúrlódás következtében hővé át-

alakuló energia szolgálhatott. A Hold pályaelemeinek dagáltságok által okozott evolúciójára és anyagának ezzel együttjáró felmelegedésére végzett számításaink az előbbi feltevést megerősíteni látszanak.



3. ábra - puc. - Abb.



4. ábra - puc. - Abb.

A Hold mozgását perturbáló erő komponenseit megkaphatjuk a Földön és Holdon az árapálykeltő erők által a súrlódás miatt fáziskéséssel létrehozott deformációk külső potenciáljának megfelelő irányban történő deriválásával. Az egyik erőkomponens, R legyen az egységnyi tömegre a Föld-Hold középpontokat összekötő egyenes mentén ható erő, amelynek pozitív iránya megegyezik a Hold rádiuszvektora növekedésének irányával. A Holdban dagáltságok során hővé átalakuló energiámmennyiség számításához az R erőkomponens által dt időintervallum alatt végzett munka ismerete szükséges, amely munka átlagértékének közelítő kifejezése:

$$\left. \frac{dE}{dt} \right|_R = - \frac{3e^2 A \mu^{1/2}}{2a^{15/2}} [(3 \cos^2 \delta - 1) + D] \sin \delta \quad (1)$$

lesz (G. J. MacDonald), ahol

$$A = \frac{3}{2} Gm R_{\oplus}^5 k_2,$$

$$\mu = n^2 a^3,$$

$$D = 2 \frac{k_2}{k_2} \left(\frac{M}{m} \right)^2 \left(\frac{R_1}{R_{\oplus}} \right)^5,$$

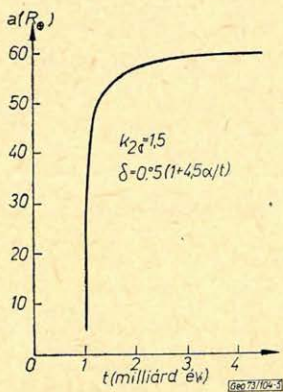
δ – az árapálydeformáció fáziskésési szöge a Holdon, K_2 – a Hold rugalmas tulajdonságait jellemző Love-féle szám. A fenti kifejezésekben szereplő többi állandó értelmezése az *I. táblázatban* adott. Az (1) formula alapján látható, hogy valamely t időpillanattól kezdődő dt idő alatt végzett munka kiszámításához szükséges a holdpálya fél nagytengelye és az excentricitás adott időponthoz tartozó értékeinek ismerete. A dagálysúrlódás a Hold pályaelemeit perturbálja, ezért a fejlődéstörténet folyamán szükséges az (1) kifejezésben szereplő két pályaelem időbeli változásának vizsgálata. Ez a vizsgálat elvégezhető a pályaelemek változásait kifejező Gauss-féle differenciálegyenletek Runge – Kutta módszerrel történő numerikus integrálásával.

1. táblázat – таблица – Tabelle

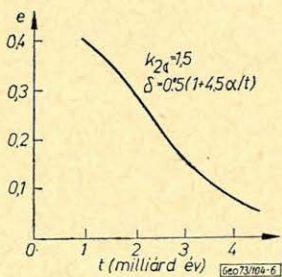
A számításokban előforduló állandók	Jelölések	CGS	Értékek Planetáris egységek
Gravitációs állandó	G	$6,67 \cdot 10^{-8}$	1
Hold tömege	m	$7,35 \cdot 10^{25}$	0,0123
Föld tömege	M	$5,977 \cdot 10^{27}$	1
Hold sugara	R_1	$1,738 \cdot 10^8$	0,2725
Föld sugara	R_{\oplus}	$6,378 \cdot 10^8$	1
Földre vonatkozó Love-féle szám	k_2	0,3	0,3
Földnek a forgástengelyre vonatkozó tehetetlenségi nyomatéka	I	$0,487 \cdot 10^{10}$	0,3306
Holdpálya fél nagytengelye	a	$3,84 \cdot 10^{10}$	60,23
Holdpálya excentricitás	e	0,0549	0,0549
Hold orbitális szögsebessége	n	$2,67 \cdot 10^{-6}$	$4,19 \cdot 10^{-4}$
Föld rotációs szögsebessége	Ω	$7,292 \cdot 10^{-5}$	$5,640 \cdot 10^{-2}$
Holdanyag fajhője	c	10^7	$1,61 \cdot 10^{-5}$

A Hold említett pályaelemeinek időbeli változását és az energiadiSSIPáció mértékét különböző fizikai holdmodellek és a holddagály fáziskésési szögének különböző értékei esetén vizsgáltuk. A számításokban előforduló állandók CGS és planetáris egységekben mért értékeit az *I. táblázat* mutatja. A számítás befejezésének időpontját több programutasítással adtuk meg; a számítás leállt, ha a pályaelem-evolúció során a Hold körpályára tért át, mivel körpályán mozgó holdnál nincs energiadiSSIPáció; ha az excentricitás értéke erősen megnő (1,0 felé közeledik), mivel a vizsgálat módszere csak elliptikus pályatípusra alkalmazható, és ha a számítás során az evolúció a nulla időponthoz érkezett, mert az általunk elfogadott kozmogóniai hipotézis szerint a Hold kora *4,5 milliárd* év körül lehet. A számításokban a Hold korának megfelelő *4,5 milliárd* évtől, mint jelen időponttól visszafelé kiindulva, negatív időléptéket alkalmaztunk.

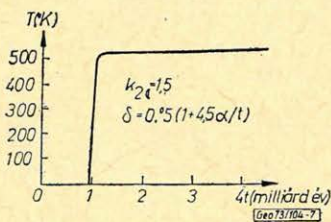
Számításunk eredménye szerint egészében merev Hold esetén (kompressziómodulus $K = 7,38 \cdot 10^{11} \text{ dyn/cm}^2$, $k_2 = 0,02$) az energiadisszipáció mértéke jelenleg a Holdban 10^{16} erg/s , $3/4 R$ -ig kiterjedő folyékony magot és merev kérget feltételezve ($k_2 = 0,1381$) jelenleg $\left(\frac{dE}{dt}\right) \approx 0,6 \cdot 10^{17} \text{ erg/s}$. A múltban az energiadisszipáció értéke jelentősen nagyobb lehetett, pl. az 5–7. ábrákon bemutatott variáns esetében a fejlődéstörténet első 10^8 éve alatt $\left(\frac{dE}{dt}\right) \approx 10^{20} \text{ erg/s}$.



5. ábra – puc. – Abb.



6. ábra – puc. – Abb.



7. ábra – puc. – Abb.

Vizsgálatunkat időben változó fáziskésési szögek esetében is elvégeztük. A holddagály fáziskésési szögének időbeli változása egyelőre ismeretlen, mindenesetre ha a Hold fejlődéstörténetének korai szakaszában legalább részlegesen olvadt állapotban volt (amire a holdbazaltok magas kora utal), akkor valószínű, hogy δ értéke a múltba előrehaladva növekedett. Így a fáziskésési szög időbeli változását formálisan választottuk meg, feltételeztük, hogy δ a jelenlegi $1,0^\circ$ értékéből kiindulva egyenletesen növekszik $2,16^\circ$ végső értékig. A pályaelemek időbeli változását és a Hold közepes felmelegedését az említett variáns esetében az 5–7. ábrák mutatják. Az 5. ábrán látható, hogy a fejlődéstörténet kezdetén, kb. 10^8 év alatt a dagálysúrlódás a holdbelső közepes hőmérsékletét kb. 500°K -kal emeli meg.

Vizsgálatunkból kitűnik, hogy a holddagály fáziskésési szögének viszonylag kis értékei mellett is ($\delta < 2^\circ$) különböző holdmodellek esetén a dagály súrlódás során hővé átalakuló energiamegnyiiség elegendő ahhoz, hogy jelentősen megváltoztassa a Hold kezdeti hőmérsékletét és ezzel együtt termikus történetét. Kozmogóniai okok miatt némileg negatív eredményünk az, hogy a dagálysúrlódás energiaforrásként csak a múltban nem regulátis pályatípusok esetén jöhet számításba. A fenti ellentmondás valószínűleg elkerülhető, ha a fizikai valóságot jobban megközelítve, a dagálysúrlódás vizsgálatában időben változó szögeket választunk.

IRODALOM

Albee, A. L. et al.: (1970), Mineralogic and isotopic investigations on lunar rock 12013, Earth Planet. Sci. Lett. Vol. 9.

Fricker, P. E.: (1967), On the thermal history of the Moon, JGR. Vol. 72. No. 10.

Hanks, T. G., Anderson, D. L.: (1972), Origin, evolution, and present thermal state of the Moon, Phys. Earth Planet. Int. Vol. 5.

- Iriyama, J. Shimazu, Y.:* (1967), Internal structure of the Moon in the light of her thermal history, *Icarus*, Vol. 6. No. 3.
- Langseth et al.:* (1971), The Apollo-15 lunar heat flow measurement, Paper, presented at the Lunar Sci. Inst. Conf. on Lunar Geophysics, Houston.
- Levin, B. J.:* (1963), O termiceszkj isztorii Luni, „Novoe o Lune” izd. AN. SZSZSZR.
- MacDonald, G. J.:* (1961), The interior of the Moon, *Science*, Vol. 133.
- MacDonald, G. J.:* (1962), The Moon and its interior, *Astronautics*, Vol. 7.
- MacDonald, G. J.:* (1964), Tidal friction, *Revs. Geophys.*, Vol. 2. No. 3.
- Majeva, S. V.:* (1964), Nekotorie raszcsoti termiceszkj isztorii Marsza i Luni, *Dokl. AN. SZSZSZR*, tom 159, vüp 2.
- Majeva, S. V.:* (1971), O termiceszkj isztorii Luni, *Izv. AN. SZSZSZR, Fizika Zemli*, No. 3.
- Papanastassiou, D. A. Wasserburg, G. J.:* (1970), Rb-Sr ages from the Ocean of Storms, *Earth Planet. Sci. Letters*, Vol. 8.
- Toksöz, M. N. et al.:* (1972), *The Moon*, 4, 190.
- Urey, H. C.:* (1957), In „Physics and Chemistry of the Earth” No. 2.
- Urey, H. C.:* (1960), The origin and the nature of the Moon, *Endeavour*, Vol. 19. No. 87.
- Urey, H. C.:* (1962), Origin and history of the Moon, Ed. Z. Kopal, Acad. Press.

MAGYAR GEOFIZIKA XIV. ÉVF. 5-6. SZÁM

Lapszemle

Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat, 106. évf. 4. sz. 1973. április

Vitális György: Bányaföldtani szolgálat a cement- és mésziparban, 267-272. old.

A tanulmány ismerteti a hazai cement- és mészipar nyersanyagbányászata területén megvalósított bányaföldtani szolgálat feladatát, célkitűzéseit.

A szóban forgó területen a Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet kezdeményezésére már az 1969. évtől megindított szolgálat keretében végzett feladatokat 12 pontban foglalja össze a cikk: ezek közül a 6. pont így szól: (a Bányaföldtani szolgálat) „Javaslatot tesz részletes geofizikai mérésekre”.

Példaképpen a tatabányai mészkőbányában létesített bányaföldtani szolgálat kerül bemutatásra.

Hidrológiai Közlöny 53. évf. 4. szám, 1973. április

Urbancsek János: Magyarország rétegvíztározói, 180-186. old.

Földtani Közlöny 102 kötet, 3-4. szám. 1972.

Stegena Lajos: Lemeztektonika, Tethys és a Magyar-medence, 280-300. old.

T. G

A természetes hőenergia áramlását befolyásoló kőzetfizikai mennyiségek

EGERER FRIGYES

A dolgozat a mikrotektonikai hatások eredményét vizsgálja a természetes hőenergia-áramlást meghatározó fizikai mennyiségen, a kőzetek hővezetőképességén.

A vizsgálatoknál kiderült, hogy a mikrotektonikai hatások még látszólagosan tömör kőzeteknél (mint pl. a mészkövek) sem hagyhatók figyelmen kívül a hővezetőképesség meghatározásoknál, és így a természetes hőenergia áramlási irányának meghatározásánál. Az olyan mikrotektonikai hatások, amelyek a rétegződés síkjával nem esnek egybe, megváltoztatják azt az általános elképzelést, hogy a vezetési irányok a rétegződés irányában kedvezőbbek, mint arra merőlegesen. Így a természetes hőenergia-áramlás vizsgálatánál figyelembe kell venni azt, hogy a kérdéses kőzettömegben, ahol az áramlást vizsgáljuk, van-e nyoma mikrotektonikai hatásnak, van-e kitöltött vagy kitöltetlen kőzetrepedésrendszer a kőzetben (akárcsak mm nagyságú is), mert ezek a hővezetőképességet nem elhanyagolható mértékben megváltoztatják.

В работе рассматривается влияние микротектонических факторов на физический параметр горных пород, определяющий поток естественной тепловой энергии, т.е. на теплопроводность горных пород.

Es werden die Folgen der mikrotektonischen Einwirkungen an Hand der Betrachtung der die Strömung der natürlichen Wärmeenergie determinierenden physikalischen Grösse, der Wärmeleitfähigkeit der Gesteine untersucht.

Bevezetés

A természetes hőáramlással foglalkozó irodalom [4] és a kőzetfizikai irodalom [1; 2; 3] egyaránt

$$\vec{T} = -\lambda \text{grad } T \quad (1)$$

alakban használja a hővezetés differenciál-egyenletét, ahol \vec{T} : a hőáram $\text{cal}/\text{cm}^2 \text{s}$, λ : a hővezetőképesség $\text{cal}/\text{cms } C^\circ$, T a hőmérséklet C° -ban. Általános alakban a hővezetőképességet a

$$\begin{bmatrix} \lambda_{11} & \lambda_{12} & \lambda_{13} \\ \lambda_{21} & \lambda_{22} & \lambda_{23} \\ \lambda_{31} & \lambda_{32} & \lambda_{33} \end{bmatrix} \quad \lambda_{ik} = \lambda_{ki} \quad (2)$$

szimmetrikus tenzor írja le.

Ugyancsak általánosan elfogadott az irodalomban [2; 4; 5], hogy a leülepedés, vagy rétegződés síkjában tetszőleges irányban a vezetési tulajdonságokat azonosnak tekintik. Éppen ezért a hővezetőképesség anizotrópiájának jellemzésére a rétegződéssel párhuzamos irányban mért hővezetőképesség: λ_{11} és a rétegződés síkjára merőleges irányban mért hővezetőképesség: λ_1 hányadosát fogadják el, tehát

$$k = \frac{\lambda_{11}}{\lambda_1} \quad (3)$$

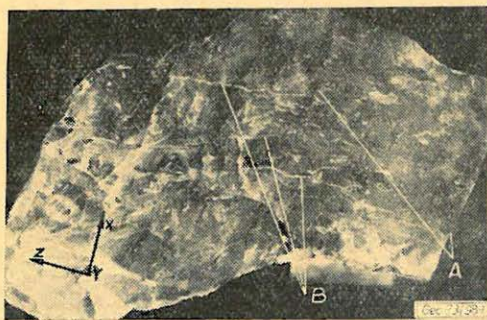
Az anizotrópia ilyen egyszerű megfogalmazása a gyakorlati igényeket az esetek zömében kielégíti. A megfogalmazás általában minden olyan esetre

érvényes, amikor utólagosan, a leülepedés után, a kőzetet tektonikai hatások nem érték. A következőkben a leülepedést, illetve a kőzetképződést követő tektonikai hatásoknak a hővezetőképességére gyakorolt hatását vizsgáljuk. Így az (1) egyenletben szereplő hővezetőképesség vizsgálatával a természetes hőenergia áramlását befolyásoló kőzetfizikai tényezők elégségesen megvizsgálhatók, hiszen a $\text{grad } T$ az anyag minőségétől függetlenül előállítható erősség.

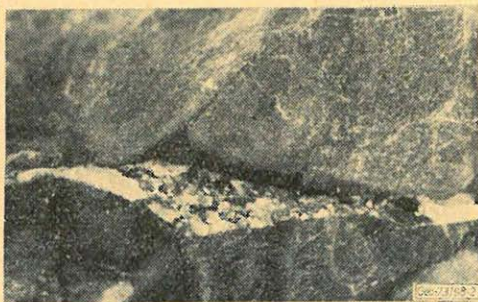
Az elmondottak alapján tehát azt vizsgáljuk meg, hogy egy leülepedett és viszonylag homogén mészkő hogyan változtatja hővezetőképességi anizotropiáját, ha utólag a rétegződés síkjától különböző irányú tektonikai hatások érték.

Az ideálisnak tekintett kőzetanyag leírása

Az 1. ábrán bemutatott, ideális anyagként kezelt, mészkövön (a bükk szomorúvölgyi kőbányából) végeztünk vizsgálatokat. A fényképfelvételen az A -val jelölt és a felvétel síkjára merőleges sík a rétegződés síkja. A dőlésszög a természetben 41° . A felvételen jól látható a felvétel hosszanti irányával közel párhuzamos világos színű repedezettségi rendszer (pl. 1. ábra B). A kőzet-repedéseket utólag főként kalcitot tartalmazó anyag töltötte ki. A repedések kitöltése nem tökéletes, sőt igen hiányos, sok benne a gáznemű anyagot tartalmazó zárvány. A kitöltő anyag milyenségét a 2. ábra mutatja.



1. ábra – puc. – Abb.



2. ábra – puc. – Abb.

A vizsgálati módszer

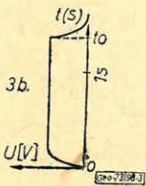
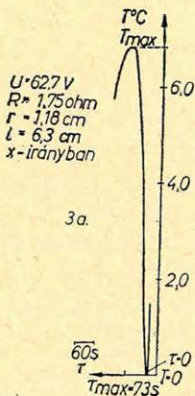
A hővezetőképesség-mérést a nemzetközi irodalomban általánosan elfogadott „pillanatnyi forrás” módszerével mértük [4]. A hivatkozott irodalomban a mérés részletes leírása megtalálható. Itt csak annyit jegyzünk meg, hogy a mérés elve az, hogy egy pillanatnyi lineáris forrás által (amely elektromos fűtőszál) keltett hőimpulzust indikálunk egy meghatározott r távolságban a forrástól termoelemekkel, amikor is:

$$\lambda = \frac{Q}{4\pi e \tau_{\max} T_{\max}}, \quad (4)$$

ahol a Joule-törvény szerint:

$$Q = 0,239 \frac{U^2 t_0}{R l} \quad (5)$$

A kifejezésben U az elektromos fűtőszál létrejövő feszültségese (V); R az elektromos fűtőszál ellenállása (ohm), t_0 a forrás működési ideje (s), l pedig az elektromos fűtőszál hossza (cm). A 3. ábra mutatja a T_{max} , a τ_{max} és a t_0 értelmezését az eredeti regisztrátumokról készített fényképfelvételek alapján. A (T, τ) koordináta-rendszerben ábrázolt hőmérsékleti hullám maximum-pontjához tartozó hőmérsékletérték a T_{max} (C°), a maximum pont idő-koordinátája a τ_{max} (s). Ugyancsak a 3. ábrán láthatjuk a pillanatnyi forrás működési idejének meghatározására szolgáló regisztrátumot az (U, t) koordináta rendszerben (3. b. ábra).



3. ábra - puc. - Abb.

Mérési eredmények

A fentiek szerint végzett mérések szórása kisebb, mint 5% a hővezetőképesség-értékekre vonatkozólag. Az ideálisnak tekintett mészkövön mérési sort végeztünk az y tengely irányában egymástól 14 cm távolságban átfogva több, a korábbiakban leírt, kitöltött kőzetrepedést. A kőzetrepedések, mint láttuk, a rétegződés síkjára közel merőlegesek (lásd 1. ábra). Az egymástól 14 cm távolságban levő A és B pontokban kapott mérési eredmények a következők:

Mérési pont	Hővezetőképesség ($cal/cm \cdot s \cdot C^\circ \cdot 10^3$)			Anizotrópia	
	x	y	z	$\frac{\lambda_x}{\lambda_z}$	$\frac{\lambda_y}{\lambda_z}$
	tengely irányában				
	λ_x	λ_y	λ_z		
A	7,77	6,78	6,61	1,17	1,05
B	6,03	6,08	6,67	0,90	0,91

A B mérési pont környezetében sok kőzetrepedést fogtunk át a méréssel (lásd 1. ábra b).

A mérési eredményeket vizsgálva a következőket állapíthatjuk meg: Az A mérési pontban teljesül az az általános feltétel, hogy a leülepedés, vagy más néven a rétegzettség síkjában (x, y sík) a hővezetőképességi értékek kedvezőbbek, mint a rétegzettségre merőleges z tengely irányában. Ez még abban az esetben is teljesül, ha az y tengely mentén történt mérésünkkel is átfogtunk egy szabad szemmel is látható rétegződési lapot.

Ugyanakkor az x, y síkban, tehát a rétegződés síkjában levő B mérési pontban kisebb hővezetőképességet mértünk, mint a rétegződésre merőlegesen. A méréseket háromszor ismételtük. A mérési eredmények szórása kisebb, mint 5%. A B pontban, tehát a rétegződésre merőlegesen, mikrotektonikai hatások

eredményeképpen kialakult, hiányosan kitöltött repedésrendszer az átlagos viszonyokat megváltoztatja, és a hővezetőképesség értéke a rétegzettség síkjában kisebb lesz, mint arra merőlegesen, tehát a (3) formula szerint értelmezett anizotrópia-tényező a várt egységnél nagyobb érték helyett lényegesen kisebb lesz az egységnél.

IRODALOM

- [1] *J. F. Nye*: Physical Properties of Crystals, Oxford, 1964.
- [2] *V. Rzhavsky, G. Novik*: The Physics of Rocks. Moscow, 1971
- [3] *F. Egerer*: Investigation of Certain Problems Concerning the Determination of the Average Heat-Conductivity of Boreholes. Acta Geodaet., Geophys. et Montanist. Acad. Sci. Hung., Tomus 6 (3–4), pp. 255–262 (1971).
- [4] *Ф. Эгерер*: Новый метод для измерения теплофизических горных пород в естественных условиях, Академия Наук Украинской ССР, Геофизической сборник, 1972. стр. 37–42.
- [5] *E. A. Любимова*: Геотермические исследования. Москва, 1964. Академия Наук СССР.

MAGYAR GEOFIZIKA XIV. ÉVF. 5–6. SZÁM

Lapszemle

Olajbányász IX. évf. 3. szám, 1973. március

Suba Sándor: Szovjet geofizikusok tanulmányútja hazánkban, 1. old.

Márhoffer József: Karottázs-szelvényezési tevékenység alakulása és várható változásai az OKGT-ben, 5. old.

Olajbányász IX. évf. 6. sz., 1973. június

Munkácsi István: A geofizika szerepe az olajkihozatal növelésében, 5. old.

T. G.

Mélyfúrási geofizikai módszerek alkalmazása és eredményei a Szovjetunió egyes körzeteiben

V. K. POPOV—JU. KONOPLJOV—Z. Z. HANIPOV—V. CSARNIJ

A Magyar Geofizikusok Egyesülete Mélyfúrási Geofizikai Szakosztálya 1973. február 7-én a fenti tárgykörrrel előadás-sorozatot rendezett, amelynek keretében Popov V., Konopljov Ju., Csornij V. és Hanipov Z. szovjet szakemberek ismertették a Szovjetunió egyes körzeteiben alkalmazott mélyfúrási geofizikai módszereket és az elért eredményeket. Az alábbiakban bő kivonatan ismertetjük a beszámoló anyagát.

7 февраля 1973 г. в промыслово-геофизической секции Общества Венгерских Геофизиков была организована конференция с серией докладов на вышеуказанную тему. В рамках этой конференции советские специалисты В. Попов, Ю. Коноплев, В. Черный и З. Ханипов изложили результаты применения различных промыслово-геофизических методов в различных районах Советского Союза.

Die Bohrlochgeophysikalische Fachabteilung der Ungarischen Geophysikalischen Gesellschaft organisierte am 7ten Februar 1973 eine Vortragsreihe im obengenannten Fachbereich. In Rahmen dieser Sitzung hielten V. Popov, Ju. Konopljov, V. Csornij und Z. Hanipov sovjetische Fachmänner Vorträge, in welchen sie die in einigen Gebieten der Sowjetunion zur Anwendung gelangenden bohrlochgeophysikalischen Methoden und die erzielten Resultate bekanntmachten. Im folgenden werden die Vorträge in ziemlich eingehenden Auszügen wiedergegeben.

1. Áttekintő beszámoló

V. K. Popov—Ju. Konopljov

A Szovjetunióban évről-évre nő a nagymélységű, 5–7 km-es kutatófúrások száma, különösen olyan körzetekben, mint a Kaukázus, Ukrajna, Közép-Ázsia stb. Eddig már több száz ilyen mélyfúrást mélyítettek. A geofizikai mérések az összes anyagi ráfordítások 1,5–4,2%-át teszik ki. A legmagasabb mért hőmérséklet 221 C° (6320 m mélységben Krasznodár körzetében), a nyomás 1200 atm. volt.

A geofizikai méréseket a nagymélységű fúrásokban egyeres páncélkábelrel végzik CsM típusú, frekvencia-modulációs lyukműszer segítségével, egyidejűleg 3–4 paramétert regisztrálnak. A lyukműszerek, perforátorok és különböző csatlakozó eszközök hő- és nyomás-tűrését alkalmazásuk előtt autoklávokban vizsgálják.

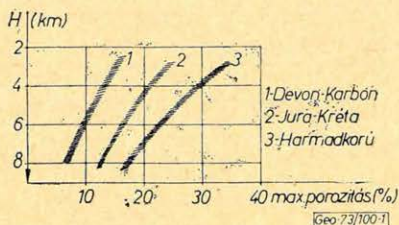
Az alkalmazott mélyfúrási geofizikai komplexum tartalmazza: a hagyományos elektromos méréseket (BKZ), 3-elektrodás laterolog mérést (ABK–3), PS mérést, mikroméréseket, lyukbősségmérést, hőmérsékletmérést, ferdeségmérést, természetes- és neutron-gamma méréseket és az utóbbi időben akusztikus méréseket, valamint a mikrolaterolog mérést.

Különlegesség az érdekes intervallumok különböző időben történő többszöri bemérése. Ez esetben az iszap-filtrátum nagy mélységben való behatolásának elkerülésére az első szelvényezést a reményteljes rétegek átharántolása után lehetőleg közvetlenül, de legfeljebb 3–7 nap elteltével kell elvégezni. Az ilyen ismételt mérések új, többlet-információt adnak a tároló rétegek kijelölésére és telítettségük becslésére. Az átteresztőképes repedezett zónák kimutatására egyes esetekben az ismételt méréseket iszapcserével, illetve az iszapnak a rétegbe való besajtolásával kombinálják.

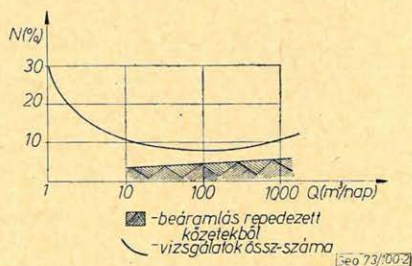
A homokkövek és az aleuritok porozitása a mélységgel csökken. A porozitás-változás jellege függ a cementálóanyag agyagtartalmától, a szemcsemérettől, a kőzet korától és metamorfizmus fokától. Minél nagyobb az agyagosság és minél idősebb a kőzet, annál kisebb nagy mélységekben a porozitás. Ezt szematikusan tükrözi az 1. ábra, ahol a maximális porozitás-érték változása látszik a mélység függvényében magadatok alapján.

Találhatók kivételek is, így például 5 km mélységből nagy porozitású (kb. 20%-os) jura korú homokkő-mintát vettek.

A homokkövek átteresztőképessége a mélység függvényében szintén csökken. A permeabilitás legjellemzőbb értéke 5 km-nél nagyobb mélységekben 1–5 mD.



1. ábra - puc. - Abb.



2. ábra - puc. - Abb.

Ennek megfelelően 4 km alatti mélységekben általában igen kevés a folyadék termelvény-mennyisége. Azonban fiatal korú vagy repedezett tárolókban nagy mennyiségű beáramlást is észleltek (2. ábra).

A karottázás-értelmezés a mélység növelésével egyre nehezebbé válik az alábbi okok miatt:

1. Kis porozitás-értékeknél nehéz meghatározni, mi okozza a vizsgált réteg magas elektromos ellenállását, szénhidrogén jelenléte vagy a porozitás csökkenése.

2. Gyakran találhatók olyan esetek, amikor az infiltrált zóna mélysége nagyon nagy ($D/d > 16 - 32$). Ez esetben a laterológ és a BKZ (4 és 8 m-es szondák) alapvetően csak az infiltrált zónát érzékeli.

3. Nő a repedezett zónák szerepe, ugyanakkor azok kijelölése és szénhidrogén-tartalmuk becslése nehéz, kevésbé reményteljes, mint a terrigén tárolóké.

A konkrét területekre és kőzetekre a geofizikai adatok értékelésének egyedi, meghatározott módszereit kell kidolgozni. Pl. Krasznodár körzetében, ahol 70-nél több nagymélységű fúrás mélyült, az alsó kréta- és a jura-korú homokkövek értékelésére számítógépes eljárást dolgoztak ki. Többváltozós regressziós-analízis alkalmazásával meghatározták az összefüggést a magas porozítások és 4–5 geofizikai paraméter között (ρ_A , PS, NGK, h_e , H, GK stb.).

A programot úgy állították össze, hogy csak a legtöbb információt hordozó paramétereket választja ki és a kapott egyenletek hibáit is meghatározza. A minimális hiba alapján meghatározzák a legjobbkat és azokból nomogramot szerkesztenek. Ezután hasonló módon többváltozós függvény-

nyel vizsgálják az agyagosságot, a rétegvizek sótartalmát és egyéb sajátosságokat, majd komplex nomogramot szerkesztenek, mely lehetőséget biztosít a porozitásnak, az agyagosságnak, a rétegvizek sótartalmának, a szénhidrogéntelítettség fokának meghatározására. A kapott adatokat a gyakorlatban felhasználják.

Ezenkívül gyűjtik és rendszerezik a magokon mért kőzetfizikai adatokat (porozitás, permeabilitás, agyagtartalom, karbonáttartalom, szemcsenagyság, kristály-összetétel stb., mintegy 40 ezer minta), melyeket mágnesszalagon tárolnak. Programozzák ezen adatok statisztikai feldolgozását (például a minták korok, litológiai, területi és fizikai tulajdonságuk szerinti csoportosítása, két- és többoldalú kapcsolatok analízise, egyes paraméterek eloszlás-vizsgálata, paraméterek átlagértékének meghatározása stb.).

Ezt a tárolási és feldolgozási rendszert felhasználják porozitás-, permeabilitás- és közetsűrűség-térképek szerkesztésére, valamint operatív információ gyűjtésére a vizsgált rétegek karottázs-értelmezéséhez.

2. A folyadéksűrűség mérése olajtermelő kutakban gamma-gamma sűrűségmérővel

Z. Z. Hanipov

A GGP típusú gamma-gamma sűrűségmérő lyukműszereket az olaj- és a gáztermelő kutakban a beáramló folyadékok sűrűségének a meghatározására alkalmazzák. A béléscsővezetett fúrólukban a meghatározott folyadék-sűrűségi értékek ismerete a mélység függvényében lehetővé teszi a beáramlás (vagy az elnyelés) és a béléscső mögötti áramlás pontos helyének a meghatározását, ezen adatok ismeretében pedig meg lehet állapítani a termelő cső beépítésének az optimális mélységét.

A GGP típusú *gamma-gamma* sűrűségmérő műszer működési elve azon alapszik, hogy a radioaktív izotóp által kibocsájtott gamma sugárzást a vizsgált közeg különböző mértékben nyeli el. A lyukműszer vázlata az 1. ábrán látható: 1. a műszertok; 2. kábelfej; 3. a szonda; — a szonda három, 120° -ban elosztott acél tartón helyezkedik el, ami biztosítja a vizsgált folyadék szabad átáramlását. A szondát a végdugó (4) zárja le, amelyben a gamma sugárzást kibocsájtó radioaktív izotóp nyert elhelyezést. A lyukműszer konstrukciójának egyik fontos paramétere a szondahosszúság, amelyet úgy választanak meg, hogy a szonda saját anyagának hatása a mérési eredményekre minimális legyen, és a lehető legjobban differenciálja a vizsgálandó közeget. Ezenkívül biztosítani kell a gammasugár-forrás és a detektorok kollimációját is, a gamma-sugárzás egyenes vonalú terjedése miatt.

A műszertokban nyert elhelyezést az elektronikus egység. Az elektronikus egység biztosítja a gamma-sugárzás-detektorokról érkező jeleknek az erősítést, formálását és a felszínen levő regisztráló egységbe történő továbbítását. A gamma sugárzást szcintillációs detektorokkal, fotoelektron sokszorozóval, vagy gáz-kisülési csövekkel detektálják.

A GGP lyukműszerrel történő folyadéksűrűség-mérés előtt hitelesítési görbét vesznek fel (2. ábra). A vízszintes tengelyre a mért folyadék-sűrűség kerül g/cm^3 -ben. Az édes-víz sűrűségét feltételeken $1,0 g/cm^3$ -nek fogadják el, a gázolaj sűrűsége — $0,82 g/cm^3$, a benzín sűrűsége pedig kb. $0,72 g/cm^3$. $1,0 g/cm^3$ sűrűség-értéknél nagyobb sűrűséggel a különböző mineralizációjú rétegvizek és az öblítő folyadék rendelkeznek. A függőleges tengelyre kerül az $N_x/N_{\epsilon.v.}$ érték, ahol N_x az ismeretlen folyadékban mért impulzusszám, $N_{\epsilon.v.}$ pedig az

édes vízben mért impulzusszám. Ebből következik, hogy a fúrólukban végzett szelvényezés előtt mindig meg kell határozni az impulzusszámot édes-vízben. A fúrólukban végzett szelvényezés után édes vízben végzett ismételt impulzus-számlálás a lyukműszer stabil működésének a bizonyítéka.

A *GGP* típusú lyukműszerrel a szelvényezést felszállva termelő kutakban és a mélységi szivattyúval felszerelt termelő kutakban is el lehet végezni.

A felszállva termelő kutakban történő szelvényezés alkalmával a kútszájra lubrikátort, a tubing végére pedig a lyukműszer bevezetése céljából tölcserűt kell felszerelni. A mélyszivattyúval termelő kutakban végzett szelvényezés alkalmával a lyukszájra excentrikus tárcsát kell elhelyezni, amely biztosítja, hogy a lyukműszer a cső közötti térben le tudjon jutni a mérési intervallumba. A tubing végére ilyen esetekben terelő csövet kell elhelyezni, ha a mérések a tubing alsó vége alatti intervallumban történnek.

A VNIIGISZ és a VNIIPromgeofizika által kifejlesztett és sorozatban gyártott *GGP-3M* típusú lyukműszerek a felsorolt szelvényezési feladatok elvégzésére alkalmasak. A *GGP-3M* egyeres páncélkábellel használható háromcsatornás radioaktív lyukműszer. A csatornák mérési feladatai:

Gk – A mélység meghatározása céljából végzett természetes gamma-sugárzás-szelvényezés;

GGP – A fúrólukban levő folyadék sűrűségének meghatározása;

SZTD – A folyadék beáramlási helyének meghatározása.

A sűrűséget $\pm 0,015 \text{ g/cm}^3$ pontossággal lehet meghatározni a $0,4-1,2 \text{ g/cm}^3$ közötti sűrűségi intervallumban.

A lyukműszer Tu^{170} gammasugár-forrással üzemel (a Tu^{170} felezési ideje 129 nap, aktivitása $10 \mu \text{ Ra ekv.}$). A szondahosszúság: 30 cm. A detektorok: *VSZ-8* gázkisülési cső, vagy *NaJ (Tl)* kristály *FÉU-60* fotoelektron sokszorozóval. A maximális üzemi hőmérséklet $\pm 80 \text{ C}^\circ$, a nyomás-tűrés: 250 atm. A lyukműszer átmérője: 25 mm, hossza: 2200 mm, súlya: kb. 10 kg.

3. Az olajlelőhelyek leművelésének geofizikai ellenőrzési módszerei a rétegben történő többfázisú filtráció esetén

V. Csornij

A rétegben a következő termelési feltételek esetén jellemző a többfázisú filtráció:

1. olaj-gáz-tároló telep leművelésekor;
2. ha a talpnyomás lecsökken az olajban elnyelt gáz telítettségi nyomásértéke alá, vagy azzal egyenlő lesz;
3. az olajos rétegbe történő gázbesajtolás esetén.

A felsorolt esetben a rétegekben végbemegy – vagy végbemehet – az olaj, a gáz, a víz vagy elegyeiknek filtrációja.

Ilyen feltételek mellett szükség van az olajtelep leművelésének rendszeres ellenőrzésére mélyfúrás-geofizikai-hidrodinamikai komplex módszerekkel.

Az ellenőrzés főbb feladatai:

- a) a termelő és elnyelő rétegek meghatározása,
- b) a fázishatárok változásának követése (olaj-gáz, víz-gáz, víz-olaj),
- c) az olajkiszorítási tényező meghatározása.

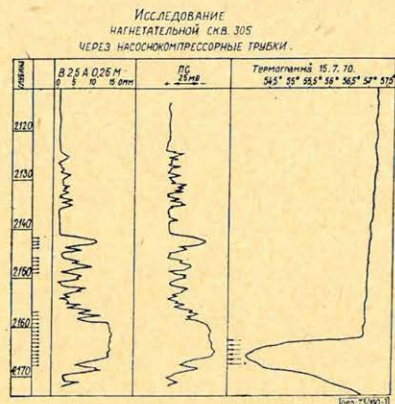
Itt az első két pont vizsgálatának eredményeit ismertetjük.

a) A vízbeáramlás és elnyelés helyeinek és a pillanatnyi rétegtartalomnak a meghatározása

Vizsgáljuk meg a geofizikai módszerek alkalmazását olyan konkrét esetben az olajtároló leművelésének ellenőrzésére, amikor igen változatos szerkezetű inhomogén a tároló a porozitási és agyagossági szempontból. A mezőt 20 éve termeltetik édes-víz besajtolásával. A rétegvizek kis sótartalmúak. A klórtartalom nem haladja meg a 3–4 g/l értéket. A besajtoló kutak sorában a termelőcső a perforált intervallum alatt helyezkedik el.

A 3. ábrán látható egy példa elnyelő rétegek kijelölésére a hőmérséklet-szelvény alapján. A mérést leállított kútban, a termelőcsőben végezték.

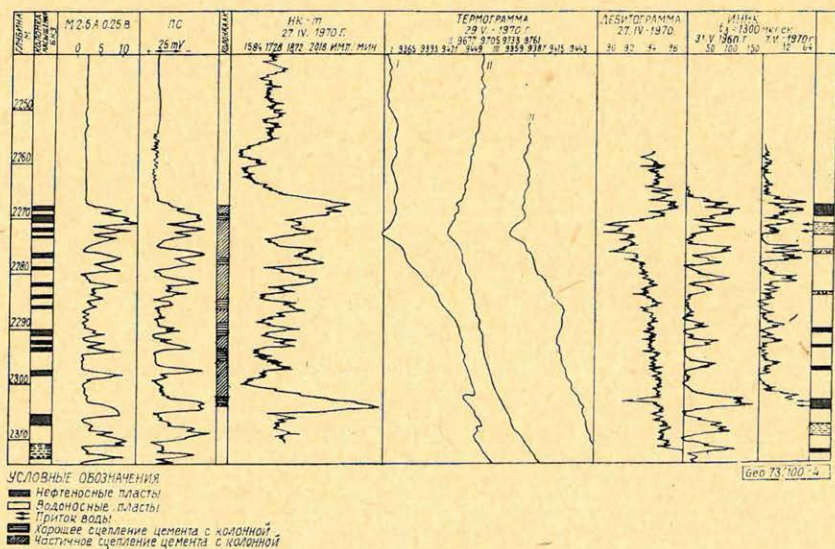
Az elnyelési intervallum megfelel a réteg legjobb átteresztőképességű szakaszának, mely a PS alapján is meghatározható.



3. ábra: A víz elnyelési intervallumának meghatározása elektronikus termoszondával.

Рис. 3. Определение интервала водопоглощения при помощи электронного термомонда

Abb. 3. Bestimmung des Absorptionsintervalles mit einer thermoelektrischen Sonde



4. ábra: Az elviesedés intervallumának meghatározása geofizikai komplex módszerekkel.

Рис. 4. Определение интервала обводнения комплексными геофизическими методами

Abb. 4. Bestimmung des Verwässerungsintervalls mit geophysikalischen Methoden

A termelő rétegek meghatározása komplex geofizikai módszerek segítségével történik, mint pl. hozammérés, termometria.

A 4. ábrán látható egy, a termeltetés közben 95%-ig elvizesedett kút szelvényezésének az eredménye.

A termometria alapján a 2271–2272,2, 2276–2276,7 m közötti intervallumok 0,141 C° hőmérséklet-csökkenéssel jelentkeznek a geotermikus gradienshez viszonyítva, ami a rétegbe sajtolt víz következménye lehet. A hozammérési és hőmérsékleti eredmények alapján az elvizesedés forrásai is ezek a rétegek, de a 2304–2304,6 m közötti intervallum a hőmérséklet-szelvényen nem észlelhető. Következésképpen feltételezhető, hogy ebből a rétegből a geotermikus gradiensnek megfelelő hőmérsékletű rétegvíz áramlik be a kútba.

A radioaktív módszerekkel meghatározott olajos rétegek: 2268,5–2280, 2281–2282,3, 2303–2305,6 m.

A 2304–2304,6 m-ben belépő víz a nem megfelelő minőségű cementpalást (az akusztikus szelvény alapján) és a mélyebben fekvő (2308–2311 m) rétegből történő átáramlás következménye.

A változó víz-olaj fázis-határ megállapítása édes rétegvíz vagy besajtolt vizek esetében az olaj megnövekedett gáztartalmával van kapcsolatban. A vizsgált lelőhelyen a termeltetés kezdeti szakaszában a talpnyomást csökkentették – vagy egyenlővé tették – a gáznak az olajban való oldódásának telítettségi nyomásával. Ez ahhoz vezetett, hogy az olajos rétegek gázt tartalmaznak, a vizesek és az elvizesedettek pedig nem, ami lehetővé teszi megkülönböztetésüket. A termelő és ellenőrző kutakban erre a célra az impulzus-neutron módszert használják. A víz-olaj fázis határát a termikus neutronok átlag élet-tartam-szelvényének a rétegek kollektor tulajdonságait tükröző PS szelvény-nyel történő korrelációjából lehet meghatározni. Ez a kapcsolat a kutak réteg-vizsgálatával bizonyítást nyert.

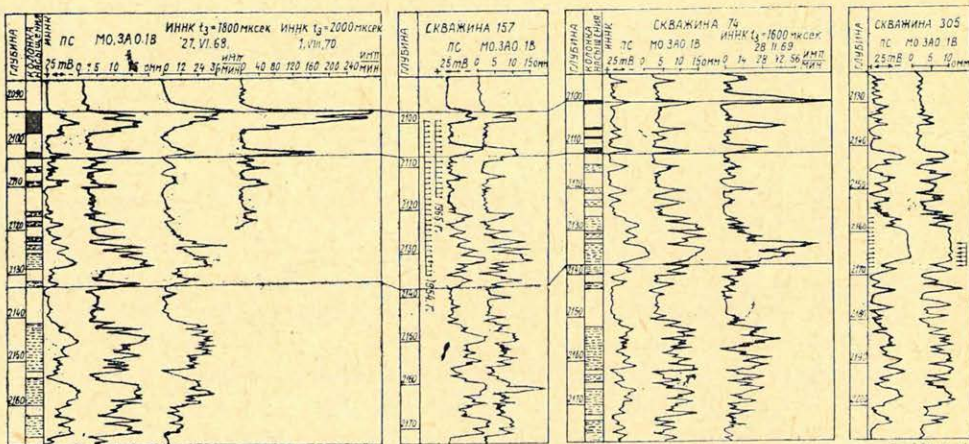
Az 5. ábra példa a víz-olaj fázishatár meghatározására, az INNK mérési módszer alkalmazásával a 84. és a 74. számú kutakban, amelyekben az intervallumok nem voltak perforálva, a termeltetés mélyebben fekvő rétegekből folyt. Amint ez a 6. ábrából látható, a víz-olaj fázishatár pillanatnyi helyzetének meghatározása az INNK és a PS mérések adatai alapján eléggé meggyőző.

A 3. ábrán látható a 305, a 74, a 157 és a 84 számú kutakon átfektetett profil a besajtoló kúttól (1. ábra 305 sz. kút) a termelő kútig (157 sz. kút), amely a vízfront előrehaladásának megfigyelésére készült. A 3. ábrán megfigyelhető, hogy a besajtoló víz csak a réteg legáteresztőképesebb szakaszában halad, és következésképpen nem tartja fenn a nyomást a teljes termeltetett intervallumban.

b) A gáz belépési és elnyelési intervallumának meghatározása

Az egyik telepen nagynyomású gáz besajtolásával történik az effektívebb termeltetés az inhomogén rétegekből. A gáz besajtolási és eloszlási folyamatának az ellenőrzésére geofizikai komplex méréseket alkalmaznak (termometria, radioaktív szelvényezés, debitometria stb.).

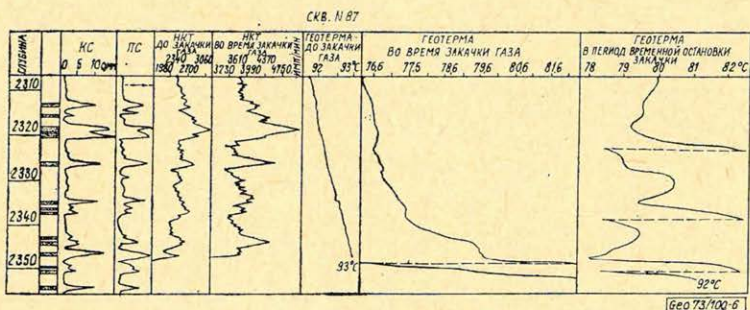
A 7. ábrán látható egy besajtoló kútban a gáz besajtolása közben és a besajtolás után végzett geofizikai mérések szelvénye. A méréseket termoszon-dával NN_t-70-el végezték (termikus neutron szelvényezés 70 cm-es szonda-hosszal) a gázbesajtolás rövid időre történő leállítása alkalmával.



5. ábra: A pillanatnyi víz-olaj fázishatár meghatározása édes rétegvizek esetében és a geofizikai szelvények korrelációja a kutak között.

Рис. 5. Определение мгновенного ВНК при пресных пластовых водах и корреляция каротажных данных между скважинами

Abb. 5. Bestimmung der momentanen Wasser-Öl-Phasengrenze im Falle von süßen Schichten-gewässern und die Korrelierung der geophysikalischen Profile zwischen den Bohrlöchern



6. ábra: A gáz elnyelési intervallumának meghatározása besajtoló kutakban.

Рис. 6. Определение интервала поглощения газа в нагнетательных скважинах

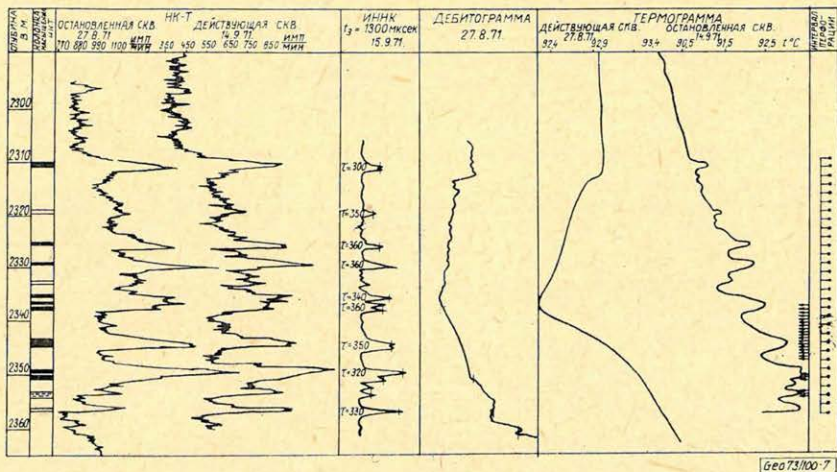
Abb. 6. Bestimmung des Absorptionsintervalls der Gase in Injektionsbohrlöchern

Amint az a 4. ábrán megfigyelhető, az összes produktív réteg éles hőmérséklet-csökkenéssel – negatív hőmérsékleti anomáliával – jelentkezik a fojtóhatás eredményeképpen.

A radioaktív – NN_t – szelvényezés alapján is ezek a rétegek jelölhetők ki a 2306–2308 m közötti intervallum kivételével, amelyet valószínűleg – mivel viszonylag vékony rétegről van szó – a műszer gyors huzatási sebessége miatt nem lehet kimutatni.

Az 5. ábrán megfigyelhetők ezen a lelőhelyen a besajtott gáz megjelenésének meghatározási eredményei a termelő kútban.

A méréseket termelő és leállított kutakban végezték el hőmérséklet-hozam-, és radioaktív szelvényezési (NNK , NN_t) módszerekkel.



7. ábra: A gáz belépési helyének meghatározása termelő kútban geofizikai komplex módszerekkel.

Рис. 7. Определение места притока газа в эксплуатационных скважинах комплексными геофизическими методами

Abb. 7. Bestimmung der Einfallstellen der Gase in Produktionsbohrlöchern mit komplexen geophysikalischen Methoden

A termometria eredményei alapján a gáz belépési helye a 2340–2310 m közötti intervallum. A termelő kútban végzett hozammérés alapján csak a 2360–2340 m közötti intervallumból van beáramlás, az összes többi réteg az INK_t mérési eredményei alapján olajos.

A leállított kútban végzett hőmérséklet-szelvényezés alapján (a méréseket a lyuknak folyadékkal való feltöltése után egy nappal végezték) a gáz belépésének az intervalluma: 2336–2340 m (negatív anomália) és az összes többi réteg olajat termel (a fojtó hatás pozitív anomáliája).

A termelés adatai alapján a kút nagy gáztényezővel termeli az olajat. A mérések elvégzése után két hónappal megjelent a kútban a besajtott gáz.

A bemutatott példákból megállapítható, hogy a szénhidrogén-lelőhelyek termeltetésének ellenőrzését csak a geofizikai mérési módszerek komplex alkalmazásával lehet megoldani a besajtoló kutaktól a termelő kutakig terjedő rétegek korrelációja útján.

A leghatékonyabb szelvényezési módszerek erre a célra: a különböző radioaktív mérési módszerek, a termometria és a debitometria.

Könyvszemle

Horváth Ferenc: A szilárd Föld fizikája (Egyetemi tankönyv) 1–240. old. 148. ábra. Budapest, 1972. (Tankönyvkiadó Vállalat).

Néhány évvel azután, hogy *Egyed László*nak három könyve is megjelent a Föld fizikájáról (1955, 1956, 1969), most újabb tankönyvet kap kézbe az egyetemi hallgatóság, lényegében ugyan-ezen témáról.

Az új tankönyv megjelenését azonban több fontos körülmény indokolja. Mindenekelőtt az, hogy az utóbbi 5–6 esztendőben a szilárd Föld fizikai kutatása nemzetközi síkon annyi és olyan merőben új eredményt ért el, hogy egész sereg jelenséget másként kell értékelnünk, sőt értelmeznünk, mint korábban. Nem csak arról van szó, hogy a globális- vagy lemez-tektonikai elmélet egészében és részleteiben is megváltoztatta eddigi geofizikai szemléletünket, hanem arról is, hogy a földfizikának (nem számos, hanem kifejezetten) minden ágában olyan óriási a haladás, hogy mellőzhetetlen volt e témakörben egy új tankönyv megírása.

Horváth Ferenc könyve felépítésében, szerkezetében eltér *Egyed L.* és minden más szerző korábbi munkájától. Hét nagy részre (fejezetre) oszlik. Ezek a következők:

1. A Naprendszer keletkezését, fejlődését és további sorsát csak az értheti meg, aki elfogadja azt a tételt, hogy a korszerű földfizika bolygónkat kozmikus környezetében óhajtja vizsgálni. Ez természetes is, mivel az utolsó két évtizedben az űrutatás és a Hold-utazások során, nem is szólva az egyéb kozmogóniai eredményekről, a Holdat, Marsot, Vénuszt és a Napot illetően nagyon sok új információval gazdagodott a tudomány. *Horváth* a hangsúlyt a Naprendszer bolygói-ra és a bolygókozmozgóniára adja, ami gyakorlati és tudományos szempontból egyaránt helyes-
selhető.

2. A könyvnek pontosan harmadát teszi a szeizmológiáról szóló fejezet. A mű e részében a rugalmas hullámok elméletének rövid ismertetése után a földrengéshullámok regisztrálásának módjával és jellemzőik meghatározásával foglalkozik a Szerző; majd rátér a Föld belső, öves szerkezetének válaszására a földrengéshullámok alapján. Talán sehol sem ért el több eredményt a szeizmológia az újabb időkben, mint éppen ezen a téren, és ezekkel az eredményekkel biztosította az utat korunk egyik legnagyobb elvének: a globális lemeztektonikának felismeréséhez és mind tökéletesebb kidolgozásához.

A földrengések – természetesen – múltó és maradó módon is módosítják a Föld felszínét. Erről szól a következő, mindennapi életünket rendkívül erősen érintő fejezet. Gondoljunk arra, hogy hány ezren és tízezren haltak meg az utóbbi 20 esztendőben egy-egy nagyobb földrengés alkalmával Szkopjében, Perzsiában, Törökországban, Peruban, Nicaraguában, Japánban stb. és napjainkban Mexikóban. Mindezek az elemi csapások a legszorosabb összefüggésben vannak a földrengések fészkemechanizmusával, valamint a földrengési fészkeknek térbeli globális eloszlásával és azok egymásközi regionális kapcsolatával. Ezekből az ismeretekből született meg a köpenyt és a kergét alkotó lemezek mozgásviszonyait tanulmányozó új globális tektonika.

3. A Föld nehézségi erőterével foglalkozik a következő, 26 oldalra terjedő rész. A geofizikai kutatások történetében talán a gravitációs vizsgálatok kezdődtek meg legkorábban. Ezért e téren kevés az újdonság.

4. Az egy ívre terjedő geotermikus rész három fejezetben a Föld hőjelenségeit ismerteti. A Szerző tömören, de nagyon világosan foglalja össze a hővezetés elméletére, a földi hőáramra, valamint a Föld hőtörténetére vonatkozó legkorszerűbb ismereteinket. Rámutat arra, hogy a földi hőenergia mennyiségének, valamint a hőáram korrelációjának milyen fontos szerepe van a tektonikai folyamatok keletkezésében, kialakulásában és fenntartásában. Mindezeknek globális viszonylatban azonos az összefüggése a szeizmikus jelenségekkel is.

5. A geokronológia a geofizikának egyik legfrissebb hajtása. Külföldön már igen szép és fontos eredményeket ért el ezen a téren: nálunk még csak a kezdet bizonytalan lépésénél tartunk. *Horváth Ferenc* ebben a fejezetben arra mutat rá, hogy a klasszikus geológiának őslénytani meghatározásokon alapuló módszereivel csak relatív kormeghatározásokra van módunk, de ezen az úton az egyes korok időtartama nem állapítható meg. Azonban a kutatóknak ma már jól kidolgozott módszerek állnak rendelkezésére ahhoz, hogy a legkülönbözőbb kőzetek abszolút korát meghatározassák. Kiderült – többek között – hogy a prekambrium minden elképzelést felülmúlóan hosszú és komplex geológiai korszak. 2500–2700 millió éves kőzettartományait minden kontinensen megtalálták. Ezek a ma ismeretes legősibb kőzetek. Ezek alkotják a kontinensek legősibb magjait, az ún. ősi pajzsokat. Ezzel a módszerrel a geológia forradalmian új kuta-

tási lehetőséggel gazdagodott anélkül, hogy a klasszikus korbesoroló geológiai (réteg- és őslény-tani) eljárások jelentőségükből veszítettek volna.

6. A *Föld mágneses terére* vonatkozó vizsgálatokat *Gauss* kezdeményezte (1830) és sok neves tudós folytatta: köztük *Eötvös Loránd* is. A legutóbbi évtizedek ezeknek a kutatásoknak is új lendületet adtak. Különösen jelentősek a paleomágneses eredmények. *Horváth F.* könyve elsősorban a földi mágneses tér szerkezetével, annak időbeli változásaival, a tengeri mágneses mérésekkel és a mágneses tér eredetére vonatkozó elméletek ismertetésével foglalkozik. Az utóbbi 10–15 év alatt ebben a tárgykörben rengeteg az új eredmény. Most ismerték fel, hogy a zömében a földmagból származó energiaforrásból kialakuló mágneses tér közepes és hosszú periódusidejű változásait a földkéregben különböző időpontokban megszilárduló, mágneses tulajdonságú ásványokat tartalmazó kőzetek folyamatosan rögzítik. A paleomágneses tulajdonságok vizsgálatával részint felderíthető a mágneses tér múltja, részint pedig alapvetően fontos adatokat kaphatunk a Föld kontinentális és óceáni kérgének a földtörténeti időszakokban végbement hatalmas méretű, eddig elképzelhetetlennek tartott mozgásairól.

7. Lényegében ezekkel a kontinentális méretű mozgásokkal foglalkozik a mű utolsó: „*A Föld dinamikája*” című része. A 70 oldalas terjedelem mutatja, hogy van itt bőven mit mondani az ide vonatkozó, mindössze 6–7 évre visszatekintő legújabb kutatások eredményeiről.

Ez a fejezet első részében a Föld nagyszerkezeti egységeit tekinti át: összefoglalja és néhány új momentummal egészíti ki mindazt, amit a könyv eddig tárgyalt, de mindezt a Föld dinamikájának szemszögéből. Majd megvizsgálja a Föld felső részében, a kb. 80–100 km vastag lithoszférában bekövetkezett nagymértékű horizontális elmozdulásokat és mindezeket a folyamatokat a Föld egész felületét átfogó, globális tektonikai szintézisbe foglalja a nemzetközi kutatások eredményei alapján. Ez az új elmélet nemcsak új irányokat adott a korszerű földtani kutatásoknak, hanem új alapokra is helyezte azokat. Hatásai tudományos és gyakorlati szempontból egyaránt érezhetők a földtan és földrajz tudományán kívül a felsőgeodéziában, a bányamérésekben és bányászati kutatásban, nemkülönben a hidrológia egyes ágainak (medervándorlás, mederalakulás, kanyarulatfejlődés stb.) vizsgálatában.

A szilárd Föld fizikájának minél tökéletesebb ismerete alapvetően fontos a korszerű természettudományos kutatás és a népgazdasági érdekeket szolgáló gyakorlati kutatások szempontjából egyaránt. S ez adja meg *Horváth Ferenc* könyvének értékét, melyben a szöveg és a jól választott és kitűnő érzékkel megszerkesztett ábrák teljes egyensúlyban vannak és egymást kiegészítve biztosítják az olvasó számára az új geofizikai világkép maradéktalan megértését.

B. L.

Folyóiratszemle

Geonomia és Bányászat, a MTA X. Föld- és Bányászati Osztályának közleményei, 6. köt. 1–4. sz., 1973.

- Barta Gy.*: Köszöntő 1–3. oldal. Szádeczky–Kardoss Elemér üdvözlése 70. születésnapja alkalmából.
- Szádeczky-Kardoss E.*: Megnyitó a föld anyag- és energiaáramlási III. ankétjához, 5. old.
- Rónai A.*: Beszámoló a földfelszínközeli ciklusos jelenségek munkabizottságának fő eredményeiről, 7–11. old.
- Berkes Z.*: Az általános légkörzés éven belüli periódusai 13–30. old.
- Péczely Gy.*: A beszivárgás és a talajvízpárolgás homokos fedőrétegben, a fedőrétegek kapilláris feszültségállapota alapján, 37–43. old.
- Bendefy L.*: Magyarország regionális köolaj- és földgázmigrációs-akkumulációs térképe és a nagy kapcsolata, 45–54. old.
- Maucha L.*: A karsztvizek árapály-jelenségét okozó kéregmozgások műszeres vizsgálata, 55–83. old.
- Csomor D.*: A magyarországi földrengések ciklusosságáról 85–91. old.
- Nekovetics O.*: A szeizmikus jelenségek periodicitása, 93–102. old.
- Erdey–Grúz T.*: A víz és vizes oldatok szerkezetének dinamikai megvilágításáról, 103–110. old.
- Szádeczky-Kardoss E.*: Az olvadákos, oldatos és disszipációs mobilitás, 111–116. old.
- Körössy L.*: Magyarország regionális köolaj- és földgázmigrációs-akkumulációs térképe és a nagy felhalmozódások lehetősége, 117–123. old.
- Stegeny L.*: Anyagásványok és köolajmigráció a magyar medencében, 125–129. old.
- Szabó L.*: Az alföldi mélységi vizek nyomás- és áramlási viszonyai, 131–145. old.
- Rácz D.*: Szénhidrogének föld alatti mozgásának természetes akadályai, 147–155. old.
- Csalagovits I.*: Rétegtani szinthez kötött ércesedés genetikai problémái, földtani feltételei a hazai geokémiai vizsgálatok eredményei alapján, 157–161. old.
- Szádeczky-Kardoss E.*: Szublitációs géopáramlások gőzpáramlása és klímaingadozás (Beszámoló az új globális tektonikai munkabizottság eredményeiről), 163–169. old.
- Béll B.*: Beszámoló az „Anyagok és energiaáramlási ankét” paleoklimatológiai munkacsoportjának terveiről és fő eredményeiről, 171–172. old.
- Járáni K. Komlódi M.*: Eurázsia felső-pleisztocén vegetációja a Würm glaciális hideg maximuma és a Riss-Würm interglaciális klímaoptimuma idején, 173–181. old.
- Dobosi Z.*: Vizsgálatok Eurázsia felszínének pleisztocénkori albedóiról, 183–188. old.
- Dobosi Z.*: Eljegesedések kifejlődése az új globális tektonika alapján, 189–192. old.
- Mészáros E.*: A földi légkör kialakulása és összetételének időbeli változása, 193–303. old.
- Géczy B.*: Geobiológia és paleoklimatológia, 205–206. old.
- Kádár L.*: Földrajzi megjegyzések Eurázsia pleisztocénkori éghajlatához 207–215. old.
- Nagy L.-né*: Korreferátum a III. „Anyag és energiaáramlási ankéton, 217–218. old.
- Géczy B.*: Lemeztekonika és paleogeográfia a Kelet-Mediterrán mezozoós térségben, 129–225. old.
- Bárdossy Gy.*: A negyedkori kéregmozgások térképe Magyarországon, 241–243. old.
- Somogyi S.*: Adatok a fiatal kéregmozgások hazai földrajzi hatásaihoz, 245–256. old.
- Stegeny L.*: A Pannon-medence kainozoós evolúciója, 257–265. old.
- Héderváry P.*: Litoszféra-modellek és a magma keletkezése, 267–291. old.
- Horváth F.*: Lemeztekonika és a globális gravitációs tér, 293–298. old.
- Szemerédy P.*: Szoláris teresztrikus erőter-kapcsolatok, 229–304. old.
- Bence P.*: A nyomás és az erőterek szerepe az alsó és felső légkör közötti összefüggések tükrében, 305–309. old.
- Béll B.*: Erőterek a neutronszférában, 311–321. old.
- Richter R.*: A földkéreg primér közetfeszültségéről, 323–336. old.
- Rácz D.*: Tájékoztató a szénhidrogénbányászatban (rezervoár-mechanikában) használatos nyomásfogalmakról 337–339. old.
- Pesty L.* – *Tomschey O.*: Elgondolások a földkéreg nyomásfajtáiról és azok nevezéktanáról, 341–344. old.
- Barta Gy.*: Anyagáramlás a Föld belsejében 345–350. old.

Lapszemle

Kőolaj és Gázipari Tájékoztató 1972. 2.] szám az OKGT és a NIMDOK közös kiadása, 1973.
Szerkesztette: Varga József, Binder Béla és Varga Géza.

A hasonló megelőző kiadvánnyal nagyjából egyező alakban foglalják itt össze az 1971/72. év adatait, az alábbi beosztás szerint:

A) Külföldi hírek

- I. Világgazdasági adatok 7-28. old.
- II. A tőkés országok műszaki hírei 29-36. old.
- III. A szocialista országok műszaki hírei 37-43. old.

B) Hazai közlemények

- I. Szénhidrogén-kutatás, -termelés, gázszolgáltatás 44-71. old.
- II. Kőolajfeldolgozás 72-87. old.
- III. Egyéb szakmai kérdések 88-104. old.
- IV. Gazdasági kérdések 105-132. old.

Geofizikai szempontból különösen érdekes a B/I. fejezet „Az 1972. I. félévi kőolaj- és földgázkutatók eredményei” c. alfejezete, amelyből a legújabb, folyamatban levő kutatásokról tájékozódhatunk.

A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet 1972. évi jelentése

1973. 1-161. old. 47. ábra (közöttük számos színes melléklet) Szerkesztő: *Szénás György*
Összeállította: *Nagy Magdolna*, Grafikai szerkesztő: *Németh Lajos*. Három nyelvű (magyar, angol, orosz) kiadvány.

Az ELGI jelentései az elmúlt évek folyamán gyors egymásutánban jelentek meg és állandó alakot öltöttek. Az 1972. évi jelentés megjelenése az érintett év befejezése után alig néhány hónappal elhagyta a sajtót, ami már önmagában véve is öröndetes és a szerkesztői-kiadói munkának dicséretére válik; különösen értékelhetjük ezt, ha tekintetbe vesszük a számos ábra, sok műmelléklet elkészítésével, valamint a kétnyelvű fordítással járó hatalmas munkatömeget. A jelentés főbb vonalai:

Magyar szöveg: 9-98. oldal (az ábrákkal)

Angol szöveg: 99-127. old.

Orosz szöveg: 129-161. old.

1. Földtani kutatások: 11-55. old.
 2. Műszer- és módszerfejlesztés: 83-90. old.
 3. Földfizikai kutatások: 91-97. old.
- Függelék: 98. old.

Említést érdemel a kiadvány tetszetős kiállítása, mely a legkényesebb igényeket is kielégíti.

Karszt- és Barlangkutató Tájékoztató 1973. I. 1-23. old.

Láng Sándor: Karsztvízforgalom a Dunántúli Középhegységben 4-5. old. (Előadási beszámoló)

Kósa Attila: 232,5 km a Flint-Mammoth barlangrendszer! 10-14. old.

Balázs Dénes: Ausztráliai tanulmányút, 14-17. old.

Asztronautikai Tájékoztató 1973. 1/26. 53. old.

Újabb magyar tudós a Nemzetközi Asztronautikai Akadémián

Beszámoló arról, hogy a Nemzetközi Asztronautikai Akadémia 1973 januárjában tudományos munkássága elismeréseképpen levelező taggá választotta *Dr. Barta György*-öt, a MTA levelező tagját, az ELTE Geofizikai Tanszékének vezetőjét.

T. G.

A Központi Fizikai Kutató Intézet *Kozmikus Sugárzás* Osztálya 1972. február 18-tól 23-ig „Téli iskolát” rendezett Mátrafüreden, ahol a magnetoszféráról és az interplanetáris térről kozmikus sugárzás-mérésekkel nyerhető ismereteket tárgyalták meg. A füzet (egy kivételével) tartalmazza az elhangzott előadásokat. Bevezetőben *Somogyi Antal* kifejti, hogy a Téli Iskola, melyen a KFKI Kozmikus Sugárzási Osztályának tagjain kívül más intézmények kutatói (ELTE Csillagászati Tanszék, Geofizikai Tanszék, MTA Csillagvizsgáló Intézet, Geokémiai Intézet, Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézet, KFKI Elméleti csoport) is részt vettek, túlnőtt egy házi tanfolyam keretein és országos szinten első lépés lehetett a kozmikus tudományok területén kialakítandó egységes szemlélet felé vezető úton.

Bányászati és Kohászati Lapok, Kőolaj és Földgáz különszám, 1973.

1 – 162. oldal. Bibliográfiai tanulmány, Szerkesztették: Alliquander Ödön, Arnold Werner, Gyulay Zoltán.

A hasonló célú fejlődési tájékoztató sorozatnak ez már az ötödik füzete. Ezzel csaknem 7000-re nőtt azoknak a válogatott és rendszerbe foglalt információknak a száma, melyek az olajmérnök számára primer irodalomnak tekintett 55 folyóiratban és 15 előnyomat- és jelentéssorozatban 1967-től 1972-ig közölt tudományos terméstről adnak számot, – írják a szerzők a kiadvány előszavában.

A füzet beosztása nagyjából megfelel az előzőkének. Érdekes, hogy a feldolgozott hazai szakfolyóiratok jegyzékében nem szerepel sem a Geofizikai Közlemények, sem a Földtani Kutatás. Azt jelenti ez, hogy a szóban forgó – 1972 – évben ezek nem tartalmaztak olyan cikket, mely a mélyfúrás szempontjából említésre méltó lett volna?

A „*Mélyfúrási geofizikát*” a 3. fejezet tartalmazza 18 oldalon, 197 irodalmi idézettel: a cikk beosztása:

- 3.1 A fejlődés általános irányai
 - 3.2 Mérési technológia, mérőeszközök
 - 3.3 Nagymélységű technika
 - 3.4 Mérések termelő és visszanyomó kutakban
 - 3.5 A mérési módszerek elméletére vonatkozó tanulmányok (potenciálmérések, egyéb mérési módszerek, a szelvényezések pontossága)
 - 3.6 Kőzetfizikai paraméterek, méréjük mintákon
 - 3.7 Szelvények értelmezése
 - 3.8 Digitális technika, számítógépek alkalmazása
 - 3.9 Rétegmegnyitás, robbantási munkák
 - 3.10 Kapcsolatok más tudomány- és iparágakkal
- Irodalom

A kiadványt – mint mindig – betűrendes név- hely- és tárgymutató egészíti ki és teszi könnyen használhatóvá.

T. G.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>К. Мольнар</i> : Настоящее состояние прикладной и промышленной геофизики и направления ее развития в Венгрии	137
<i>И. И. Белчев – П. М. Баев</i> : Методика комплексных буровых и геофизических поисков и разведки рудных тел в руднике „Керемидото“ ЮВ Болгарии	150
<i>Л. Сабадвари – З. Хоффер – Т. Нитрай – Г. Ранер – А. С. Пинтер</i> : Методические вопросы комплексной геофизической съемки	156
<i>Ф. Ковач – З. Надь – Б. Сани – Б. Вандор</i> : Комплексная интерпретация геофизических данных	165
<i>М. Пиешо</i> : Сейсморазведочная система ТИГР, укомплектованная ЭВМ	175
<i>Г. Немет</i> : Сейсмическая цифровая аппаратура типа СДТ – 2	179
<i>Я. Реннер</i> : Определение содержания меди и цинка в горных породах нейтронно-активационным анализом без разрушения образцов	186
<i>П. Желлер</i> : Анализ быстрой трансформации Фурье	191
<i>Й. Деак</i> : Использование естественных радионуклидов при поисках подземных вод	200
<i>Л. Ференци</i> : Изучение взаимоотношения пористости, проницаемости и остаточной водонасыщенности песчаных коллекторов	212
<i>Б. Бодри</i> : Роль приливного трения в истории развития тепла на Луне	218
<i>Ф. Эгерер</i> : Физические параметры горных пород, влияющие на поток естественной тепловой энергии	224
<i>В. К. Попов – №. Конопов – З. З. Ханипов – В. Черный</i> : Применение промышленно-геофизических методов и их результаты в СССР	228
Обзор журналов, аннотации	149, 178, 211, 217, 223, 227, 236, 238
НОВОСТИ В ОБЩЕСТВЕ ВЕНГЕРСКИХ ГЕОФИЗИКОВ	178

INHALTSVERZEICHNIS

<i>K. Molnár</i> : The present and future of applied geophysics in Hungary	137
<i>I. I. Belchew – P. M. Bayev</i> : Methodics of complex ore exploration by drilling and geophysical methods in the „Keremidoto“ ore mine in South-East Bulgaria	150
<i>L. Szabadvári – E. Hoffer – T. Nyitrai – G. Raner – Sz. A. Pintér</i> : Methodical problems of integrated geophysical measurements	156
<i>F. Kovács – Z. Nagy – B. Szanyi – B. Vándor</i> : Integrated interpretation of geophysical data	165
<i>M. Pieuchot</i> : The TIGRE, a computer assisted seismic system	175
<i>G. Németh</i> : Seismische Digitalapparatur SDT – 2	179
<i>J. Renner</i> : Bestimmung des Kupfer- und Zinkgehalts der Gesteine mittels einer zerstörungsfreien Neutronaktivations-Analyse	186
<i>P. Zsellér</i> : Untersuchung der schnellen Fourier-Transformation	191
<i>J. Deák</i> : Anwendung natürlicher Radioisotope bei der Untersuchung unterirdischer Gewässer	200
<i>L. Ferenczy</i> : Untersuchung des Zusammenhanges zwischen Porosität, Permeabilität und Rest- Wassersättigung in Sandsteinspeichern	212
<i>B. Bodri</i> : Die Rolle der Flutreibung in der thermischen Geschichte des Mondes	218
<i>F. Egerer</i> : Die natürliche thermische Energieströmung beeinflussenden Gesteinsparameter	224
<i>V. K. Popov – Ju. Konopol'ov – Z. Z. Hanipov – V. Csornij</i> : Anwendung bohrlochgeophysikalischer Methoden in der Sowjetunion und deren Resultate	228
Rezensionen und Presseschau	149, 178, 211, 217, 223, 227, 236, 238
VEREINSNACHRICHTEN	178

Figyelem!

A Magyar Geofizikusok Egyesülete Titkársága 1973. február 22-én elköltözött a Bp. V. Szabadság tér 17. sz. alatti Technika Házából.

Új cím: BUDAPEST VI., ANKER KÖZ 1. félemelet 17.

Postacím: 1368 Budapest, Postafiók 240.

Telefonszám: 429-754, 229-870/111 és 166 mellék.

Telex szám: METESZ 22-5369 MGE

Csekk számla sz.: MTESZ MNB 232-90171-2494 Budapest MGE

ВНИМАНИЕ!

22 февраля 1973 г. Секретариат Общества Венгерских геофизиков отселился из Дома Техники (Будапешт, V. Szabadság tér 17)

Новый адрес общества: Budapest VI., Anker köz 1, félem. 17.

Почтовый адрес: 1368 Будапешт, п/я 240.

№№ телефона: 429-754; 229-870, добавочные 111 и 166

№ телекса: METESZ 22-5369 MGE

№ чекового счета: MTESZ MNB 232-90171-2494, Будапешт, MGE

ZUR BEACHTUNG!

Das Sekretariat der Ungarischen Geophysikalischen Gesellschaft hat seine Räumlichkeiten im Haus der Technik (Budapest V., Szabadság-Platz 17.) am 22sten Februar 1973. aufgegeben.

Die neue Adresse lautet: Budapest VI., Anker köz 1., Mezzanin 17.

Postadresse: 1368 Budapest, Postschliessfach 240.

Telefon: 429 - 754, 229 - 870 Nebenanschlüsse 111 und 166.

Telex: METESZ 22-5369 MGE

Checkkonto: MTESZ MNB 232 - 90171 - 2494 Budapest MGE