

# Geofizikai kutatások Mongóliában

## V. NEMZETKÖZI FÖLDTANI EXPEDÍCIÓ 1976–1990

### A) AZ NFE TEVÉKENYSÉGE 1976-80 KÖZÖTT HENTIJ TARTOMÁNYBAN

#### 1. Az expedíció szervezeti felépítése

A Kölcsönös Gazdasági Segítség Tanácsának (KGST) Földtani Állandó Bizottságában a mongol fél már 1972-ben javasolta, hogy a földtani térképező munkát és az ásványi nyersanyagok kutatását Mongóliában új szervezeti formában, közös nemzetközi expedíció keretében végezzék. A tárgyalások eredményeként (amelyeken magyar részről a Központi Földtani Hivatal — KFH — vett részt) 1975. június 5-én Moszkvában egyezményt írtak alá a Nemzetközi Földtani Expedíció (NFE) létrehozására.

Az NFE feladata Mongólia földtani ismertségének növelése (a mongol állami normáknak megfelelő földtani térképezéssel), továbbá a hasznos ásványi nyersanyagok felderítő-részletező kutatása; geofizikai, földtani, gazdasági értékelése.

Az egyezményben, meghatározták azt, hogy

- az NFE működési területe a  $\varphi=47^{\circ}00'$  és  $49^{\circ}00'$ , valamint a  $\lambda=109^{\circ}30'$  és  $114^{\circ}30'$  földrajzi koordináták által határolt mintegy  $32\,400\text{ km}^2$  terület,
- a terepi munkákra is szerződő országok kétoldalú földtani expedíciót szerveznek az NFE keretein belül,
- az NFE tevékenységét a Meghatalmazottak Tanácsa (MT) koordinálja,
- az expedíció működésének költségeit a részt vevő országok által egyenlő arányban nyújtott, vissza nem térítendő hozzájárulásokból fedezik, az éves terveket és a költségvetéseket az expedíció vezetősége (expedíció-vezető, általános helyettes, főgeológus, főmérnök, főkönyvelő) állítja össze (a csoportok kutatási tervei alapján), majd jóváhagyásra az MT elé terjeszti,
- a munkák végzéséhez szükséges berendezések (műszerek, szállítóeszközök, felszerelések, anyagok és egyéb tárgyak) szállítását, valamint a szakértők és szakmunkások küldését, továbbá szolgáltatásokat a részt vevő országok közötti kétoldalú szerződésekben rögzített (transzferábilis rubelben számolt) áron végzik; a szerződéseket a résztvevő országok külkereskedelmi szervei kötik Mongólia külkereskedelmi szervezetével, a Kompleximporttal.
- Mongólia az egyezményben részt vevő országoknak biztosítja az elsőbbségi jogot a talált lelőhely feltárására, és kiaknázására,
- az illetékes mongol minisztérium használatra átadja az egyes expedíciók tevékenységi körzetének légi fotó felvételeit, topográfiai térképeit és az egyéb szükséges adattári anyagokat,
- a mongol fél biztosítja a szerződések alapján kiszállított berendezések, műszerek, szállítóeszközök, felszerelések, anyagok vámmentességét,
- a munkák folyamán elért kutatási eredmények publikálása csak a mongol illetékes szervek engedélyével lehetséges,

— az NFE mindenkori legfőbb egyszemélyi felelős vezetőjét a mongol fél nevezi ki, és az MT hagyja jóvá.

Az MT Ulánbátorban 1977. szeptember 19–23. között tartott V. ülésén az NFE kutatási területét  $\varphi=47^{\circ}00'$ , és  $49^{\circ}00'$ , valamint  $\lambda=109^{\circ}30'$  és  $112^{\circ}00'$  földrajzi koordináták által határolt  $34\,600\text{ km}^2$ -re módosította.

A Magyar Népköztársaság Minisztertanácsa a 3588/1975 (XII. 23.) MT sz. alatti határozatával jóváhagyta a mongóliai NFE létrehozásáról szóló KGST-döntést.

Az NFE megalakításával kapcsolatos nemzetközi tárgyalásokon a magyar felet dr. MORVAI Gusztáv, a KFH elnökhelyettese képviselte. Szakértőként részt vett a tárgyalásokon GELEI Gábor, a KFH Nemzetközi Kapcsolatok Osztályának vezetője, aki a későbbiekben a KFH megbízása alapján a magyar fél meghatalmazottja volt. A tárgyalóküldöttség további tagja volt (szakmai tanácsadó minőségben) ERKEL András, a Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (ELGI) főosztályvezetője, BALLA Zoltán, az ELGI főgeológusa és HOBOT József, az ELGI osztályvezetője.

Az egyezmény aláírását követően a részt vevő országok szakembereinek 1–1 küldöttjéből bizottság jött létre az NFE működésének megszervezésére. A szervezőbizottság feladata volt az expedíció anyagi, műszaki, személyi feltételeinek a biztosítása úgy, hogy a terepi kutatómunkák 1976 tavaszán megindulhassanak. Munkájukhoz tartozott a kétoldalú szerződésekben meghatározni és biztosítani az országonként kiszállítandó eszközöket, anyagokat, és biztosítani a mintegy 60–80 kitérő szakértőnek és családjának a lakhatási feltételeket. A szervezőbizottságban a magyar felet HOBOT József geofizikus képviselte.

A KFH az ELGI-t bízta meg az NFE-vel kapcsolatos tevékenység hazai koordinálásával. Az ELGI-ben e téma vezetője ZSILLE Antal geofizikus-mérnök volt az 1975–1990 közötti teljes időszakban.

Az 1975-ben megkötött egyezmény alapján létrehozott MT az NFE legmagasabb döntéshozó szervezete volt, itt az egyes országokat 1–1 küldött képviselte. A tanács eleinte évenként 2 alkalommal, később 1 alkalommal ülésezett. 1976-tól 1982-ig a meghatalmazott feladatkörét GELEI Gábor, 1982-től B. NAGY József, a KFH szakági főgeológusa, majd 1988-tól dr. CSONGRÁDI Jenő, a KFH Nemzetközi Kapcsolatok Osztályának vezetője látta el.

Az expedíció 1976. január 1-én kezdte meg tevékenységét. Az NFE első egyszemélyi felelős vezetője Jambin BJAMBA, a földtani tudományok kandidátusa, mongol geológus lett.

Az NFE-nek két fő részlege volt: a szakmai és adminisztratív irányító tevékenységet végző ún. *Apparátus* (Ulánbátor székhellyel), és a kutatócsoportokból álló *terepi részleg*. Az NFE vezetőjének általános helyettese csehszlovák közgazdász volt. Az Apparátus főbb osztályai: Földtani Osztály (szakmai irányítás, vezetője a szovjet főgeológus), Műszaki Osztály (fűrés, gépkocsik, mechanikai munkák, vezetője a német főmérnök), Könyvelés (vezetője a mongol főkönyvelő). Az NFE első főgeológusa V. A. IVANOV

szovjet geológus, főmérnöke U. MATZDORF (német fúró-mérnök), főkönnyvelője CSUNT mongol közgazda volt. Íratlan szabállyá vált, hogy a fő beosztásokra a későbbiekben is ugyanazok az országok küldtek ki szakembereket.

A Földtani Osztályon a szovjet főgeológus beosztottjaként dolgozott több szovjet, illetve bolgár szakági főgeológus és a magyar főgeofizikus, aki részt vett az expedíció szervezésében, a tervfeladatok összeállításában és a közvetlen geofizikai munkákban. Az első főgeofizikus HOBOT József volt (1976). A főgeofizikus státust a későbbiekben is (a státus megszűnéséig) Magyarország töltötte be: SIMON András 1977–78-ig, PLESZKÁTS Tibor pedig 1979–80-ig. A főgeofizikus koordinálta és felügyelte a mért adatok értelmezését, a jelentések összeállítását stb.

A főgeofizikus egyben a KFH mongóliai megbízottja volt, aki az MT ülései közötti időben a képviselte a KFH-t az expedíció vezetőségénél, a mongol állami szerveknél, a mongóliai magyar nagykövetségnél, továbbá a mongóliai magyar kolónia más egységeinél (ruhagyár, húskombinát, stb.). Ugyanakkor az NFE-be kiküldött magyar szakemberek felelős vezetőjeként tevékenykedett.

A magyar fél részvételével az NFE első évében két terepi csoport indult: az 1. sz. *Földtani Térképező Csoport*, amely  $M = 1:200\,000$ -es méretarányú földtani térképezést végzett és a 3. sz. *Regionális Geofizikai Csoport* (RGCS), amely az egész expedíció geofizikai kutatási feladatait látta el.

1976-tól 1983-ig a magyar–mongol geofizikus és a magyar–mongol geológus terepi csoportok külön működtek. 1983-ban a két csoportot összevonták és 1990 végéig — az NFE megszűnéséig — egy magyar–mongol *Komplex Földtani–Geofizikai Csoport* dolgozott.

A geofizikai terepi csoportok vezetői mint egyszemélyi felelős vezetők irányították a geofizikus csoport munkáját a tervek készítésétől a munkák terepi végzésén, azok kiértékelésén és értelmezésén át a jelentések összeállításáig és megvédéséig, végül a mérési anyagoknak a Mongol Állami Adattárba történt leadásáig. A gazdasági és adminisztratív feladatokat a mongol gazdasági vezető látta el, aki egyúttal a csoportnál dolgozó mongol szakemberek vezetője is volt. A csoportvezető helyettese a csoport geofizikus főmérnöke volt. Feladata volt a terepi munkák műszaki-technikai feltételeinek operatív biztosítása, a munkák szervezése.

A geofizikus terepi csoportoknál 1977–1980 között 1 geológusmérnök státus is volt. A csoportoknál 1–3 magyar és néhány más nemzethez tartozó geofizikusmérnök dolgozott, akiknek feladatuk volt a geofizikai munka szakmai irányítása, a mérési anyag feldolgozása, komplex értelmezése.

Az expedíció meghívására rövid ideig néhány magyar geofizikus szakértő is dolgozott a csoportnál: VERŐ László (1977 augusztus — GP mérések feldolgozása), SZALAI István (1976 november — szeizmikus feldolgozás és értelmezés), SIMON Pál (1977 június, július — geoelektromos műszertechnika), MAJKUTH Tamás (1978 február — szeizmikus feldolgozás és értelmezés), SZABÓ Gáborné PINTÉR Anna, STOMFAI Róbert (1979 — regionális gravitációs mérések kiértékelése, értelmezése, jelentés összeállítása) SCHÖNVISZKY László (1979 — gravitációs és földmágneses mérések feldolgozása).

Az RGCS nagy mennyiségben végzett geodéziai munkákat az egyszerű mérődrótos távolságméréstől, a tájolás

iránykitűzéstől a teodolitos helymeghatározásig (a területen található kevés geodéziai alappont miatt), elsősorban pont- és szelvénykitűzéseket és szintezéseket. Ennek irányítása és részben kivitelezése a csoport geodétamérnökének feladata volt.

Az RGCS karotázs részlege 1978-ban kezdte meg működését. A magyar fél komplett kismélységű (K-500) karotázsberendezést szállított ki, ellátva azt standard, illetve ércutató karotázsmérésekhez szükséges szondákkal. A terepi geofizikai, geodéziai munkákat, a mérési adatok elsődleges feldolgozását, a műszerek, berendezések karbantartását, javítását a csoportok geofizikus-technikus, illetve geodéta-technikus munkatársai végezték.

Kezdetben a teljes kisegítő személyzetet (gépkocsivezetőket, segédmunkásokat) a mongol fél biztosította. 1977–1980 között a terepi időszak idejére lehetőség nyílt évenként 3 magyar gépkocsivezető kiküldetésére is. A helyi ismeretek hiányát a magyar gépkocsivezetők szakmai, vezetési készségük révén hamar pótolni tudták, s jelentős részük volt az eredményes munkavégzésben. A segédmunkások létszáma sokkal kisebb volt, mint amennyire a teljesítés szempontjából egyébként szigorúan megkövetelt normák szerint szükség lett volna. E létszám nagy részét nyári szünetükben dolgozó iskolások, szerencsés esetben a Darhan városban működő geológiai technikum tanulói tették ki.

Az RGCS-k az expedíció teljes működési területén (a Herlen folyótól É-ra, Öndörhán város környékén lévő területen) végeztek regionális geofizikai térképező, a továbbkutatás szempontjából reményteljes területeken részletező geofizikai munkát. A munkák indításánál — az expedíció többi, (geológus) csoportjait illetően is — kiemelkedő fontosságú volt a magyar fél rugalmas és gyors tevékenysége a műszerek, a laborberendezések, a terepi felszerelések, (főként az olajkályhák, szerszámok stb.) megfelelő időben (még a vonatkozó szerződés megkötése előtt elindítva) történő kiszállítása terén. E felszerelések nélkül az expedíció első évében a terepi munkák indítása lehetetlen lett volna a tervezett időben.

A tábori körülmények az NFE idején már összehasonlíthatatlanul jobbak voltak a kezdeti körülményekhez képest. A csoport rendelkezett konyha-étkezővagonnal, iroda-vagonnal és fürdővagonnal is. Lehetőség volt a családtagok tábori elhelyezésére is. Egy-egy család, vagy két egyedülálló munkatárs kapott külön jurtát. A vizet 20–40 km távolságból, kiképzett fúrt kutakból tartálykocsi szállította, az igényeknek megfelelő gyakorisággal. Az ételkészítés-ellátást közeli, esetleg távolabbi, ún. „orosz” boltokból, valamint a magyar Csemege Vállalat által az ulánbátori magyar kereskedelmi kirendeltség területén üzemeltetett magyar üzletből egészítették ki. A tábor áramellátását 70 kW-os dízelgenerátor szolgálta. Külön jurtában működtek a közös használatú hűtőszekrények, mosógépek-centrifugák, valamint a kenyérsütésre is alkalmas elektromos tűzhelyek.

A munkatársak részére biztosítva volt az abban az időben egy-egy országban jó minőségűnek számító termékek használata: mongol jurta, magyar olajkályha és kemping-felszerelés, vízhatlan német tengerészruha (hidegebb időjárásnál terepi munkaruhaként) és német ágynemű, csehszlovák bútor és tapéta, szovjet terepjáró gépkocsik (ez utóbbiakat többnyire a magyar fél szállította).

Az NFE költségvetésében szerepelt egy irodaépület és egy lakóház felépítése is Tolgojban, Ulánbátor Ny-i szegélyén. A lakóépületben 1-2-3 szobás, összkomfortos lakások

kat biztosítottak a külföldi, valamint korlátozottan a mongol munkatársak részére is. Az épületek építése 1976-ban megkezdődött és 1979-ben a beköltözés is megtörtént.



Jurtatáborunk a repülőgép ablakából

## 2. Geofizikai munkák

A csoportok munkaterveiket a téli kamerális időszakokban (így nevezték a mérési anyagok feldolgozási és jelentéskészítési időszakát) készítették el. A terveket az MT tavaszi ülésén hagyták jóvá. Ezután kezdődhetett el a csoportok felszereléseinek, anyagainak összeállítása, ami általában április közepére fejeződött be. A csoportok legkésőbb május elején megkezdték a terepi munkákat.

### 2.1. Regionális geofizikai térképezés

Az expedíció feladata 1:200 000 méretarányú térképezés volt gravitációs, geoelektromos szondázási és szeizmikus refrakciós módszerrel a terület nagyszerkezeti viszonyainak, a paleozoós aljzatú medencék és depressziók mélységviszonyainak meghatározására, a medencekitöltés tagolására, egyben az ugyanilyen méretarányú földtani térképezés kiegészítésére.

#### 2.1.1. Elsőrendű gravitációs alaphálózat

Az RGCS munkaterve a mintegy 34 000 km<sup>2</sup> nagyságú terület áttekintő gravitációs felvételét tartalmazta. Ez a munka megfelelő gravitációs alaphálózat hiányában szükségessé tette alaphálózat létesítését. Ezért 1975 őszén ZSILLE Antal geofizikus-mérnök és dr. CSAPÓ Géza geodétamérnök helyszíni bejárás után egy Worden Geodesist graviméterrel  $\Delta g$ -méréseket végzett a hálózat tervezéséhez. Az alaphálózat pontjainak távolsága 40–60 km volt. A pontok gépkocsival történő összemérése az adott útviszonyok között nem

volt lehetséges, ezért a hálózat mérését a műszer repülőgépes szállításával tervezték.

A terepi bejárást 1975. szeptember 29. és október 8. között végezték. A pontok előzetes kijelölésénél figyelembe kellett venni, hogy jellegzetes terepalakulathoz kötődjenek és mind gépkocsival, mind repülőgéppel megközelíthetők legyenek. A bejárás során 24 pontot jelöltek ki és azokon ideiglenes pontjellet építettek. A gravitációs alaphálózat pontjait az RGCS munkatársai — viszonylag időtálló módon — a talajba süllyesztett, mintegy 0,8x0,8x0,5 m<sup>3</sup> méretű, helyben készített betontömbbe ágyazott vascsővel jelölték meg.

A graviméteres alaphálózat lefedte az expedíció kezdetben tervezett munkaterületét. A méréseket 2 db Sharpe CG-2 és 1 db Worden Master geodesist típusú kvarcgraviméterrel 1976 tavaszán végezték el, egymáshoz kapcsolódó háromszögek mentén A-B-C-A-B-C-A séma szerint. Egy mérési kapcsolatra műszerenként minimum 3, maximum 9  $\Delta g$  értéket határoztak meg, egy vagy több háromszögből. A mért 17 háromszögben 34 mérési kapcsolaton 168  $\Delta g$  értéket mértek. Az észlelők, műszerek és a segédberendezések szállításához egy — mongol személyzet által vezetett — AN-2 típusú repülőgépet használtak. A mérések észlelésátorban történtek. A teljes hálózat mérését 68 óra repülési idő felhasználásával 1976. május 30. és június 27. között végezték el, majd egy hitelesítő alapvonalat is létesítettek.

Az alaphálózat, a hitelesítő alapvonal, valamint a másodrendű bázishálózat (ld. alább) pontjait hátrametszéssel határozták meg. A felhasznált tereppontok koordinátáit

1:100 000 méretarányú topográfiai térképről olvasták le, így a bemért pontok koordinátáinak pontossága 10–50 m volt.

Mind az alaphálózat, mind pedig a hitelesítő alapvonal számítógépes feldolgozását Magyarországon, az ELGI Földfizikai Osztályán végezték el POLLHAMMER Manóné geofizikus-mérnök irányításával. A mért háromszögekben

a zárások túlnyomó része 20  $\mu\text{Gal}$ -nál kisebb volt, a maximális hiba 34  $\mu\text{Gal}$  volt ( $1 \mu\text{Gal} = 1 \times 10^{-8} \text{ m/s}^2$ ). A feldolgozás során, a luniszoláris hatás és a műszerjárás korrigálásával határozták meg a  $\Delta g$  értékeket, majd ezek ki egyenlítésére került sor.



A graviméteres bázishálózat mérése az észlelősátorban (repülőgépes és lovas közreműködéssel)

1977 őszén az MT V. ülésén a mongol fél bejelentette, hogy a szovjet féllel történt megállapodás alapján módosítja az NFE működési területét, azaz a K-i kiterjesztés helyett a területet D-i és Ny-i irányban növeli meg. E döntés értelmében szükségessé vált a graviméteres alaphálózat kiegészítése is. Az előzetes bejárást, a pontok kijelölését, a közelítő  $\Delta g$  meghatározását és a pontok állandósítását az RGCS végezte el. A bejárás során 11 új alappontot létesítettek, amelyek terepi bemérésére a következő év tavaszán került sor. Az alaphálózat repülőgépes mérését 2 darab Sharpe graviméterrel 1978. május 15. és június 18. között ZSILLE Antal geofizikus-mérnök és BÍRÓ Pál geofizikus-technikus végezte. A mért 18 háromszögben 36 mérési kapcsolaton 172  $\Delta g$  értéket mértek. A kiegészítő hálózat mérését 69 óra repülési idő felhasználásával végezték el. Az alaphálózat lemérése után ismét létesítettek egy hitelesítő alapvonalat. A korábbi gyakorlatnak megfelelően az alaphálózat és a hitelesítő alapvonal mérési adatait számítógépen Magyarországon dolgozták fel, csatlakozva az 1976. évi hálózathoz.

### 2.1.2. Gravitációs térképezés

A hálózatos felmérés megfelelő pontosságát az elsőrendű bázispontok közötti további 43 ún. másodrendű bázisponttal biztosították. Ezek távolsága egymástól 10–15 km volt, az elsőrendű bázispontokat összekötő útvonalak mentén, földbe ásott (abból 1 m-nyire kiálló) vascsövekkel

jelölték meg.

Az elsőrendű alappontokhoz viszonyított  $\Delta g$  értéket az említett 2 Sharpe graviméterrel határozták meg. Az értékek négyzetes középhibája 75  $\mu\text{Gal}$  volt.

Az  $M=1:200\ 000$  méretaránynak megfelelő regionális graviméteres mérés ún. menetvonalak és kitűzött szeizmikus szelvények mentén történt. Az átlagos ponttávolság a menetvonalakon 1 km, a szeizmikus szelvényeken 240 és 500 m volt. Így a terület átlagos pontsűrűsége 0,255 pont/ $\text{km}^2$  lett. A méréseket hurok módszerrel végezték, 1976-ban az alaphálózati méréseknél is használt Worden, és szovjet gyártmányú GRK-2 graviméterrel, 1977-ben pedig két szovjet gyártmányú (GNK-K2 és GNU-K2) graviméterrel. A  $\Delta g$  értékek négyzetes középhibája 150  $\mu\text{Gal}$  volt.

A pontok kitűzése 1:100 000-es katonai térkép és tájoló segítségével, a gépkocsi kilométeróráját felhasználó távolságméréssel történt, ami  $\pm 150$  m pontosság elérését tette lehetővé. A színtezés az ELGI-ből szállított NiB-3 és NiB-5 automataszíntező műszerekkel folyt. A hálózaton a magasságmérés négyzetes középhibája  $\pm 0,77$  m volt.

### 2.1.3. Geoelektromos szondázások

A geoelektromos módszerek közül — a magyar fél által szállított DIAPÍR és GESKA típusú mérőműszerekkel — a szimmetrikus gradiens (Schlumberger) elektróda-rendszerű

(AMNB) geoelektromos szondázásokat ( $AB_{\max.}=2000\text{--}4000\text{ m}$ ) alkalmazták a magyar szabványnak megfelelő elektródaállásokkal. E mérések feladata az 500 m-nél sekélyebb medencék aljzatmélységének meghatározása és a medencét kitöltő üledékösszlet részletes megismerése (felbontása) volt. A medence aljzatát általában paleozoós, ritkábban mezozoós kőzetek építik föl. A komplex földtani értelmezés érdekében gyakran telepítettek szelvényeket szeizmikus refrakciós vonalakra és mindkettőt a medencékre jellemző helyeken, azok hossz tengelyében, és/vagy arra merőlegesen a peremi kibúvásokig. A mérési hálózat átlagos sűrűsége a medence területeken mintegy  $0,08\text{ pont/km}^2$  értéket ért el, a szelvényekben mintegy  $1,5\text{ km}$  átlagos ponttávolság mellett.

#### 2.1.4. Szeizmikus refrakciós mérések

A regionális programban alkalmaztunk szeizmikus refrakciós méréseket a fiatal üledékekkel fedett medencék területén a medencét kitöltő üledékes összlet felbontása, a medencealjzat mélységének meghatározása, a szerkezeti felépítés tisztázása érdekében, valamint a gravitációs anomáliák és egyéb földtani megfontolások alapján érdekesnek tűnő néhány más területen. Az ELGI-ből kiszállított Pionír-III típusú mérőberendezéssel  $1000\text{ m}$  maximális mélységig kaptunk információt. A méréseket felszíni robbantásokkal végeztük.

#### 2.1.5. A regionális geofizikai térképezés fő eredményei

A  $2,5\text{ g/cm}^3$  sűrűséggel számolt Bouguer-anomália térkép szerint a terület közelítőleg ÉNY–DK és arra merőleges irányú nagyszerkezeti vonalak által  $(50\text{--}80)\times(30\text{--}50)\text{ km}^2$ -es blokkokra tagozódik. Az egyes blokkokon a Bouguer-anomáliák átlagszintje  $10\text{--}15\text{ mGal}$ -al is különbözik. A terület nyugati részén a Bouguer-anomáliák átlagszintje mintegy  $20\text{ mGal}$ -al kisebb, mint a terület többi részén. A terület nagyobbik felén a — gyakran a felszínre is kerülő — aljzatot túlnyomóan paleozoós gránitok képezik, a fedett területrészekeken pedig az aljzat proterozoós, paleozoós metamorf kőzetekből áll.

Az egyes blokkokon a proterozoós, paleozoós aljzat különböző mélységben van. A gravitációs kép részleteit az aljzat domborzata, illetve a rátelepülő — általában mezozoós — szárazföldi üledékek és vulkáni képződmények anyagi összetétele határozta meg. A medencék egyik típusa a magyarországi üledékes medencékkel analóg felépítésű. A paleozoós aljzat mélyedéseit az aljzatnál kisebb sűrűségű mezozoós szárazföldi üledékek töltik ki. E helyeken a Bouguer-anomália térképből a medencék relatív mélységére, aljzatának domborzatára lehetett következtetni. A medencék többségénél viszont a fedő összletben vulkáni képződmények keverednek az előbbiekkal, vagy azok teljes mértékben kitöltötték a medencéket. Mivel a vulkáni képződmények sűrűsége összemérhető az aljzattal, (esetenként nagyobb is annál) az ilyen medencék területén a gravitációs kép az aljzat mélységére nem jellemző. Az aljzat mélységéről itt a geoelektromos és szeizmikus adatok adhattak információt.

A  $600\text{--}3000\ \Omega\text{m}$  ellenállású paleozoós gránit, homokkő, andezit, kvarcit medencealjzat, illetve a  $200\text{--}1500\ \Omega\text{m}$  ellenállású paleozoós, de nem intruzív képződményekből álló aljzat felszíne a medencekitöltő szárazföldi üledékes

képződmények  $20\text{--}100\ \Omega\text{m}$  ellenállásához képest nagyellenállású szintként jelentkezett. A vulkáni képződmények fajlagos ellenállása a tufásodás mértékétől függően változott: tömör vulkánit padoknál  $200\text{--}400\ \Omega\text{m}$ , míg a tufák esetében  $30\text{--}150\ \Omega\text{m}$  között volt.



Mongol vadászok farkaskölykökkel

A vertikális elektromos szondázások eredményeként két paramétertérkép készült, a nagyellenállású szint mélység-térképe és a geoelektromos vezérréteg ellenállásának sematikus térképe. A mélységtérkép szerkesztésénél figyelembe vettük a szeizmikus és gravitációs mérések eredményét is. A medencék mélységviszonyait általában  $500\text{ m}$  maximális mélységig terjedően adtuk meg. Néhány medence területén, (vagy annak egy részén) a nagyellenállású szint nem a paleozoós aljzat felszíne, hanem a vulkanitok felszíne volt. E helyeken a paleozoós aljzat mélységét csak a szeizmikus mérések adhatták meg. A geoelektromos vezérréteg ellenállásának (sematikus) térképén azokat a területeket ábrázolták, amelyeken a vezérréteg ellenállása egy-egy medencekitöltő geológiai képződményre jellemző ellenállás intervallumba esett. Ezzel egy-egy, általában üledékes összlet horizontális elterjedése volt nyomon követhető.

A szeizmikus refrakciós mérések szerint a medencealjzat paleozoós képződményei (homokkő, anyagpala, mészkő, kvarcit, porfiroidok)  $4000\text{--}5000\text{ m/s}$  határsebességűek. A medencét kitöltő mezozoós effuzívumokat sebesség paramétereik alapján több fáciesre lehetett bontani. A lazább tufitos, tufás vulkáni összletek  $2000\text{--}2800\text{ m/s}$  határsebességűek, esetenként ezek még tovább bonthatók voltak. A szeizmikus szelvényeken fő szintként a mezozoós aljzat felszíne jelentkezett. Ezt az alkalmazott berendezéssel és terepi technikával maximum  $1000\text{ m}$  mélységig lehetett követni. Jelentkezett továbbá az előbbi effuzívumok teteje, néhol közbeeső szintekkel.

Néhány medenceterületen földtani-geofizikai komplex szelvényt is szerkesztettek (max.  $1000\text{ m}$  mélységig). A geológiai határfelületeket, a vető zónák helyét, az elvetési magasságokat a szeizmikus szintek és a VESZ mélységadatokból adták meg, figyelembe véve a gravitációs méréseket, valamint a korábban végzett szovjet légi geofizikai mérések mágneses eredményeit is.

A regionális kutatások eredményei — a korábbi szovjet légi mágneses kutatás eredménytérképével együtt — a terület nagyszerkezeti viszonyaira vonatkozóan jelentős, sokoldalúan hasznosítható információt adnak: a medence területeken, pl. kiindulásként szolgálhatnak ivóvíz, ipari víz, termálvíz, a mélyebb medencékben esetleges szénhid-

rogén-kutatás számára. A hegyvidéki területeken ugyanazt jelentik az ércesedések szempontjából érdekes intrúziók, azokkal kapcsolatos szerkezetek, vulkáni képződmények elterjedésének kutatása, a megtaláltakkal analóg érchordozó szerkezetek felderítése szempontjából.

## 2.2. Részletező geofizikai munkák

A részletező program keretében kezdetben az NFE előtti kutatásokkal kimutatott indikációk területén, később az NFE regionális geofizikai kutatásai által jelzett érdekes szerkezetek, és az 1:200 000, valamint az 1:50 000 méretarányú földtani térképezést végző csoportok által talált indikációk területein végeztek komplex geofizikai méréseket. A részletező geofizikai méréseket, amelyek általában 1:10 000, illetve 1:5 000-es méretarányú földtani térképezéshez és fúrások, árkolásos tevékenységhez is kapcsolódtak geoelektromos (vertikális elektromos szondázás, ellenállás-szelvényezés, gerjesztett potenciál), földmágneses, szeizmikus, szeizmoelektromos, mikrogravitációs, radiometrikus és indokolt esetben egyéb geofizikai módszerekkel végezték. E mérések célja az indikációk méreteinek, szerkezeti viszonyainak, minőségi jellemzőinek tanulmányozása volt a földtani információk kiegészítéseként. A fúrásokban standard elektromos, nukleáris és kiegészítő karotázs mérések végzése volt a feladat, különösen elégtelen magkihozatal esetén.

1976–77-ben a 3. sz. RGCS részletező geofizikai kutatásokat végzett a korábbi kutatások, valamint az NFE 1:200 000 méretarányú földtani térképezése során talált indikációk területein. (Öndörögán, Bain-Hán, Huhu-Csulu, Batu-Norbo, Cesz-Bulák, Baján-Uzurihe, Subutu 4, Ihe-Mobutu).

E kutatások legjelentősebb eredménye az öndörögáni ércelelőhely felfedezése és készletszámítással kiegészített kutatása volt. Az alsó devon korú homokkőves-palás összletben levő gránit intrúzió ritkafémes képződményt hozott létre. Az ércelelőhelyet az 1. sz. Földtani Térképező Csoport geológusa, ZSÁMBOK István találta meg az 1977. évi terepszezon végén, s ezért további földtani-geofizikai feltáró munkára abban az évben már nem maradt idő. A térképező csoport földtani és feltáró munkái, valamint a 3. sz. RGCS néhány szelvény mentén végzett geofizikai mérései azonban nagyobb méretű előfordulásra utaltak (ld. később).

A Bain-Hán mintegy 0,4 km<sup>2</sup> kiterjedésű kvarcitteléres-greizenes ritkafém indikáción a 3. sz. RGCS radiometriai, földmágneses  $\Delta Z$ -térképezést, vertikális elektromos és gerjesztett potenciál (GP) szondázásokat, fajlagos ellenállás és GP szelvényezést, szeizmikus refrakciós méréseket végzett. A cél az átalakult zónák, kvarcittelérek kimutatása, az előfordulást létrehozó gránit intrúzió kisebb mélységű részei horizontális kiterjedésének, domborzatának kimutatása volt. A geofizikai mérések a gránit intrúzió paramétereit adták meg, és annak belsejében a greizenesedéssel, ércesedéssel összefüggő kiterjedt, csökkent fajlagos ellenállású zónát jeleztek.

A Huhu-Csulu területen a feladat az intruzív masszívum és az üledékes képződmények elfedett kontaktusának nyomozása, és annak mentén a gerjeszthető testek kimutatása volt. Gerjesztett potenciál térképezéssel lehetett körülhatárolni egy 1,3 km<sup>2</sup> nagyságú területet, amelyen belül a lát-

szlagos polarizálhatóság nagyobb volt 2%-nál. Ez a terület egy idős üledékes összlet felszíni elterjedésével jól korrelált, s ezen belül sikerült kimutatni több 4,5–6,5%-os GP anomáliát. A geofizikai mérések nem adtak választ arra a kérdésre, hogy a GP anomáliákat milyen hatók okozzák. Az egyik anomáliára telepített fúrásban grafitosodást és pirít zárványokat írt le a magyar–mongol geológus csoport.

A Batu-Norbo grafitos agyagpala, grafitos aleurit előforduláson az alluviumban mélyített árokból gyűjtött minták grafit tartalma 8–15% volt. A grafitot a kőszenes üledékeket ért regionális metamorfózis eredményének tartotta a magyar geológus csoport. Az indikáción GP szondázásokat, VESZ és szeizmikus, radiometrikus és földmágneses méréseket is végeztek. A grafitos réteg vastagságát a szeizmikus és geoelektromos mérések eredményeiből határozták meg, fedőnek a 150–200  $\Omega$ m fajlagos ellenállású réteget, fekünek az alsó refraktáló szintet tekintve. Az összlet átlagos vastagsága 20 m, de helyenként meghaladta a 40 m-t is.

A Cesz-Bulák grafit indikáció a gránit felszínen foszlányokban előforduló palásodott homokkőhöz, márványosodott mészkőhöz kapcsolódott. A radiométeres mérések és a VESZ szondázások eredményei szerint a grafittelep horizontális kiterjedése legfeljebb néhány 10 m-re becsülhető, ezért a további kutatását befejezték.

A Baján-Uzurihe magnetit indikációt gránitokon és paleozoós kőzetekben található magnetit tömbök alkották. Az elvégzett földmágneses mérések jelentős anomáliát nem mutattak, az elvégzett hatószámítás kis mélységű, nagy szuszceptibilitású, de kis térfogatú hatókat jelzett. Az indikáció kis kiterjedése miatt a továbbkutatás nem volt indokolt.



Régi türk sírmaradvány

A „Subutu 4” szulfidos indikáción végzett radiometriai, földmágneses, GP szondázás és szelvényezés nem vezetett különösebb eredményre, a geológiai térképezés és a mintavizsgálatok is arra az eredményre vezettek, hogy a leírt ércesedés ipari szempontból jelentéktelen.

Az Ihe-Mobutu indikáció lényegében egy polimetallikus oxidációs zóna. A palásság síkjai mentén limonit és goethit vált ki, a kutatások során a réz és cink dúsulása is kimutatható volt.

1978-ban a 10. sz. RGCS az NFE földtani térképező és kutatócsoportok részterületein, így az Öndörögán, Hoir Zotlig, Bain-Han, Szerven, Tugulgutuj-Nuru területén és a Gesegne völgyben végzett részletező geofizikai kutatásokat.

Az Öndörögán előfordulás 7 km<sup>2</sup> nagyságú területén a 6. sz. Magyar–Mongol Kutatócsoport 1:10 000 méretarányban feltérképezte a terület szabályos gyűrt szerkezeti egységeit. Nyersanyagkutató árkokkal és fúrásokkal meghatározta az érces zónák helyzetét, amelyekre az ÉÉNY-i csapás, és a csaknem függőleges keleti dőlés a jellemző. Meghatározta az ércesedés berilles, greizenes stockwerk típusát, fő ásványtársulásait (kassziterit, sheelit, wolframit, molibdenit), valamint az ércesedés korát. A területen a geofizikai mérések jelentős mágneses (1000–3000 gamma) és GP (9–16%) anomáliákat mutattak ki. A mágneses mérések meredek dőlésű, északnyugati irányú gabbró-diabáz ható jelenlétét jelezték. A közepes nagyságú (7–8%) GP anomáliák területén a fúrások wolframitos és szulfidos ércesedést harántoltak. Az egész kutatási területet az emelt GP háttér jellemzi. A mágneses anomáliák formája és előfordulása az esetek többségében megegyezik a GP anomáliákkal.

A Gesegne-völgyben a mérések elfogadhatóan meghatározták a devon palák felett települő laza összletet és a törési zónákat. A GP mérések jelzik, hogy a felszínhez közeli törésekhez nem kapcsolódik szulfidos ércesedés.

A Tugulgutuj-Nuru terület határain belül mélyített fúrások nem harántoltak jelentős szulfidos ércesedést, mint ahogyan a gerjesztett potenciál anomáliák (7–10%) alapján várható lett volna. A GP anomáliákat valószínűleg a palák nagy szervesanyag-tartalma okozza.

A Bain-Han területén a mindössze 2–3% GP anomáliák nem adtak pozitív eredményt; jelentős ércesedést az árkokalások sem jelezték.

Szerven területének határain belül a mágneses mérések pontosan kimutatták a dyke-okat. A kvarc-fluorit ereket negatív anomáliák jelezték. A szimmetrikus ellenállás szelvényezésekben ezek az erek minimális ellenállás értékekkel jelentkeztek. A szeizmikus mérések a várakozással ellentétben nem határozták meg a gránitok és a vulkanikus kőzetek közötti határt, mivel ezeknek a sebessége itt megközelítőleg azonos (5000–5400 m/s) volt.

1979-ben a 10. sz. RGCS folytatta a részletező geofizikai munkákat az NFE térképező- és kutatócsoportjainak területein, az Öndörögán, Zulget, Hulin-Holbó, Tugulgutuj-Nuru, Gotorobó, Ohasi idikációkon és a Mörön folyó középső részén.

Öndörögán területén a 14. sz. Bolgár–Mongol Részletező Kutató Csoport kutató-értékelő munkát végzett a stockwerk tanulmányozása és körülhatárolása céljából. Befejeződött az 1:10 000 méretarányú földtani térképezés, a geokémiai mintavételezés, 19 fúrást mélyítettek és 6 árkot ástak. Megállapították, hogy az ércelőfordulás egy ÉNY-i csapású stockszerű test, amely az alsó devon homokkő-palás összletben helyezkedik el, a gabbróid testekkel együtt. A wolfram-molibdén-berill ércesedés számos, változó vastagságú kvarctelérrel kapcsolatos. A gabbróidok belsejében zárványos ércesedést találtak. A fúrások alapján az ércelőfordulás központi, mintegy 1000x400–500 méteres részét tekintették a fontosnak, amelynek 200 méter vastag produktív részében a wolframtrioxid tartalom 0,117–0,83% között ingadozik. Megállapításuk szerint az ércesedés intenzitása a mélységgel növekszik. A prognózis szerint átlagos wolframtrioxid tartalom mellett a stock kontúrában 300 méteres mélységig az ércesedés jelentős. A területen folytatódta a részletes, szelvény menti mágne-

ses és GP mérések. Kimutattak új GP anomáliákat, és az anomália zónák folytatódta a terület határain túl is. A GP anomáliákra telepített 7. és 8. számú fúrás magnetitet, piritet, kalkopiritet jelentős mennyiségben tartalmazó palákat és gabbróidokat (mágneses anomália) harántolt. Érdekes megjegyezni, hogy az intenzívebb wolframércesedés gyakorlatilag nem kapcsolódik a GP anomáliákhoz, bár a lecsengési görbék eredményei, a dinamikus paraméterek hintett eres ércesedést jeleztek a vizsgált zónákban.

Zulget területén a geokémiai anomáliák ellenőrzésekor kimutattak ritkafém előfordulást (jelentős szulfidos ércesedéssel). Néhány szelvény mentén gerjesztett potenciál, természetes potenciál és mágneses méréseket végeztek. A GP mérések 12–16%-os anomáliákat jeleztek, amelyek az árkokban és egy fúrással feltárt szulfidos ércesedéssel jól egyeztek. A 60–100 m szélességű anomália zóna jól követhető, de a terület határain belül nem záródik le. Nem voltak földtani adatok 1979-ben arról, hogy az ércesedés intrúzióval lenne kapcsolatos. A regionális geofizikai adatok ugyanakkor a területen gravitációs minimumot jeleztek, amelynek alapján feltételezhető volt hipabisszikus intrúzió jelenléte.

A Hulin-Holbó fluorit előfordulást 1976-ban már az 1. sz. Magyar–Mongol Földtani Térképező Csoport jelezte az 1:200 000 léptékű földtani térképezés során. A területen 1:50 000 méretarányú továbbkutatást javasoltak. A Hulin-Holbó területén 1979-ben a geológiai munkákat a 11. sz. Mongol Térképező-Kutató Csoport végezte. A terület határain belül mintegy 1500 méter kiterjedésű hidrotermális zónát határoztak meg kvarc-fluorit erekkel. A mérési szelvények (mágneses, szimmetrikus ellenállás szelvényezés, vertikális elektromos szondázás) észak-keleti végén a zóna a laza üledékes összlet alatt követhető volt. A fedő összlet vastagsága a völgy irányában 5 méterről 40 méterre növekszik. Párhuzamosan a fő zónával délnyugati irányban hasonló fizikai sajátságokkal jellemezhető második zóna jelentkezett, ahol a földtani szelvények szintén fluoritos ásványosodás jeleit mutatták ki. Ezek az eredmények jelentősen növelték az adott előfordulás jelentőségét.

A Tugulgutuj-Nuru, Gotorobó, Ohasi területeken végzett GP és ellenállásmérések nem jeleztek jelentős szulfidos ércesedést.

A 13. sz. Magyar–Mongol Geológiai Térképező-Kutató Csoport területén, a Mörön folyó középső részén szeizmikus mérésekkel és geoelektromos szondázásokkal a völgy felépítését, a laza üledékek vastagságát jól meg lehetett határozni.

1980-ban a 16. sz. Komplex Geofizikai Csoport (KGCS) részletező, komplex geofizikai méréseket végzett az NFE és a térképező csoportok által kijelölt területeken.

A 20. sz. Bolgár–Mongol Kutató Csoport az Öndörögán területén a stockwerk lehatárolásának befejezésére mintegy 15 000 m<sup>3</sup> árkolást és 4000 méter fúrást végzett. A 150 méter hosszú tárnafúrásban technológiai mintavételezés történt, illetve egy 650 méter mélységű fúrást is mélyítettek az ércesedés jellemzőinek mélységbeli meghatározása érdekében. Refrakciós szeizmikus kutatást egyetlen szelvény mentén végeztek, amellyel nem sikerült kimutatni a devon összlet alatt a gránitok települési mélységét, mivel a devon összlet szeizmikus sebessége feltételezhetően magasabb volt, mint a gránitoké. A GP szondázásoknál a hosszú lecsengési görbék nem adtak egyértelműen értel-

mezhető eredményeket a terület mélybeli felépítésére, az ércesedés mélységi kiterjedésére és jellegére, amint ez a földtani felépítés ismeretében várható volt.

A Hulin-Holbo fluoritlélőhely területén 1980-ban is folytatódottak a földtani kutatások. A mintegy 4 km<sup>2</sup> nagyságú területen 6 kvarc-fluorit telér volt. A készlet mintegy 600 000 tonna érc volt, kb. 400 000 tonna fluorit tartalommal. A koncentráció 40–70% között változott, az előfordulás közepes méretűnek számított, amelynek kitermelését egy szovjet vállalat hamarosan megkezdte. A részletező geofizikai munkák folyamán a fluoritos zónák lehatárolására a korábbi módszeregyüttest alkalmazták. A már ismert területen módszertani kísérleti mérések is történtek a „Kvarc” elnevezésű szovjet szeizmoelektromos berendezéssel. A mérési eredmények igazolták, hogy a módszer a keskenyebb kvarc-fluorit teléreket néhány méter vastagságú fedőréteg alatt már nem mutatja ki és a szélesebb hidrotermális zónák követésére is alkalmatlan.

A 17. sz. Mongol Térképező-Kutató Csoport a Hulin-Holbótól nyugatra Szajhan-Hundaj területén új fluorit-előfordulást, valamint wolframit és polimetallikus ércesedést indikált. A polimetallikus indikáció lehatárolására 250x50 méteres hálózatban, 12 db 2200 méter hosszúságú szelvény mentén GP, ellenállás- és mágneses mérés történt. A fluorit előforduláson szimmetrikus és kombinált elektromos ellenállás szelvényezést végeztek.

A térképezési terület határain belül a Batu-Norbo indikáción szeizmikus, VESZ és GP méréseket végeztek az 1977. évi kutatások kiegészítésére. Az indikációt nem tartották továbbkutatásra érdemesnek.

A 18. sz. Lengyel-Mongol Térképező-Kutató Csoport a Zulget területen befejezte a GP anomália zóna lehatárolását. Itt egy 120–150 méter szélességű, és 700 méter hosszúságú kvarcosodott zóna található, amely 150 méter mélységig követhető. A kvarctelerek piritet, arzenopiritet, wolframitot, kassziteritet, molibdenitet, berillt és fluoritot tartalmaznak. Az ércesedés eloszlása rendkívül egyenetlen.

A csoport ezüst-polimetallikus ércesedést tárt fel a magyar-mongol kétoldalú ércindikációs revíziós munkák során korábban már kutatott Dzan-Sire vulkanikus szerkezethez kötődő ön indikáció területén. A területen mintegy harminc szelvény mentén történt GP mérés. A GP anomáliák ellenőrzésére telepített kutató árkok és 2 fúrás kis érces ereket, hintett szulfidokat tárt fel 800 méterre a szerkezet középpontjától, a 3. sz. fúrásban pedig 120 méter mélységben jelentős ezüst-polimetallikus ércesedés jelentkezett.

\* \* \*

A szakirodalmi adatokat és az Öndörcagan területén szerzett geofizikai tapasztalatokat összefoglalva elmondható, hogy a ritkafém-lélőhelyek geofizikai kutatása esetén az ércásványoknak nincs olyan jellegzetes fizikai sajátosságuk, amely a közvetlen kutatást lehetővé tenné. Ha lenne is ilyen, az alacsony ásványtartalom miatt a jellemző paraméter nem különbözik a háttérszinttől. A kutatás ezért csak közvetett lehet, vagyis nem a ritkafém ércásványok tényleges feldúsulási helyeit keressük, hanem azokat a szerkezeteket és geofizikai indikációkat, amelyek kapcsolatosak lehetnek az ércelőfordulással.

Megállapítható, hogy az expedíció kutatási területén a zónás ércesedés a tipikus, amely a gránit magmatizmussal kapcsolatos. A központi részeken az érces oldatból magasabb hőmérsékleten wolframit, molibdenit, berill kiválása a jellemző, ettől távolodva a színesfémekre perspektivikus szulfidos övet találjuk, amely geofizikai módszerekkel jól kutatható. A gyűrűs felépítést a külső övezetekben az oldatok repedés menti mozgása eltorzíthatja, sőt egyes részeit eltüntethetik az ércképződés óta bekövetkezett szerkezeti mozgások és az erózió.

Az intenzív GP anomáliák jelzik a szulfidos övezetet, amely körülöleli az anomáliamentes, ritkafémes területet. Ez a terület általában ellenállás és mágneses minimum is. A minimum területét a közteléreik fizikai paramétereinek változása torzíthatja.

A mongóliai Nemzetközi Földtani Expedícióban folyó geofizikai tevékenység egészen 1990 végéig tartott. A következő tíz évben végzett munkákról egy későbbi tanulmányban számolunk be.

## IRODALOM

- DRASKOVITS P., ZSILLE A.: Geofizikai kutatások Mongóliában IV. Komplex geofizikai ércindikációs kutatások. Magyar Geofizika **41**, 1, 45–46. o.
- ZSILLE A.: Mongóliai kutatások. Az ELGI 1977. évi jelentése 113. o.
- ZSILLE A.: Külföldi mérések. Az ELGI 1979. évi jelentése 92–93. o.
- ZSILLE A. Külföldi tevékenység. Az ELGI 1980. évi jelentése 133. o.

*Hobot József, Madarasi András,  
Simon András, Taba Sándor,  
Zsille Antal*